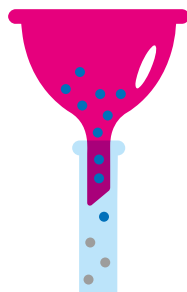
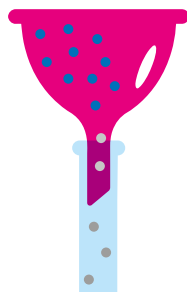
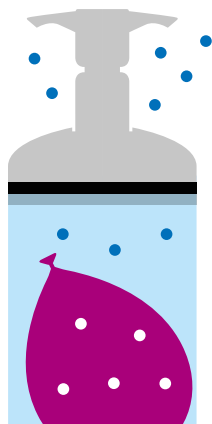
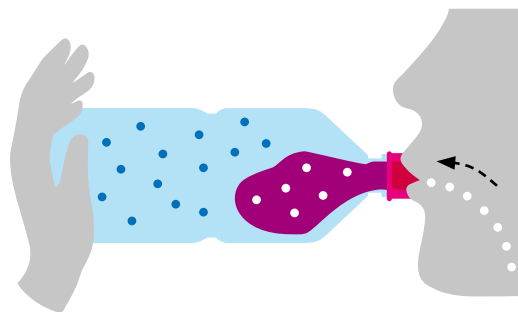
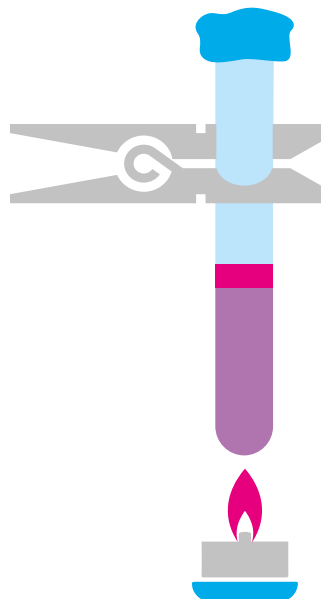
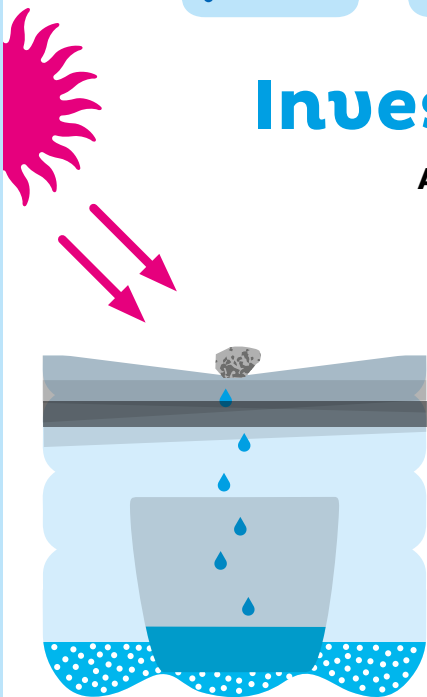


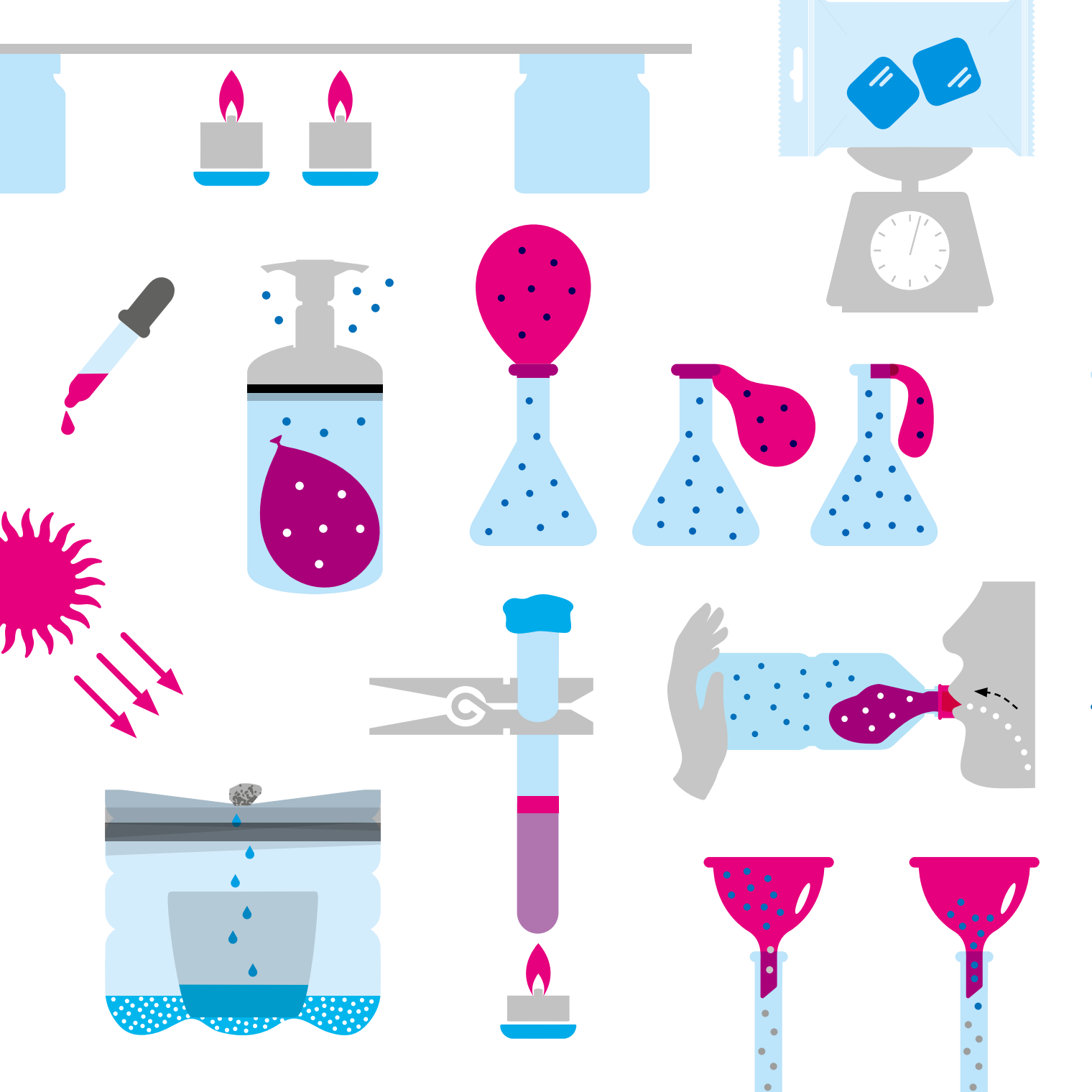
Investigamos la materia

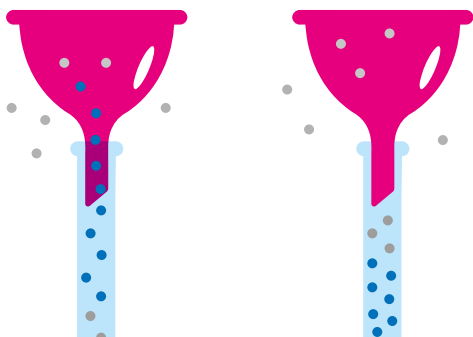
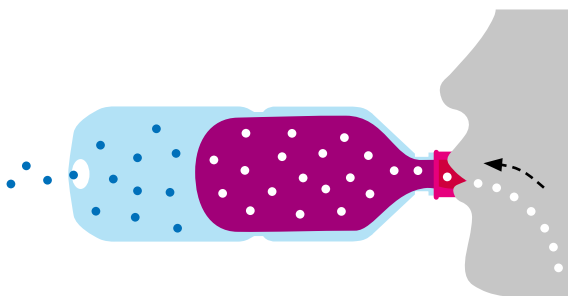
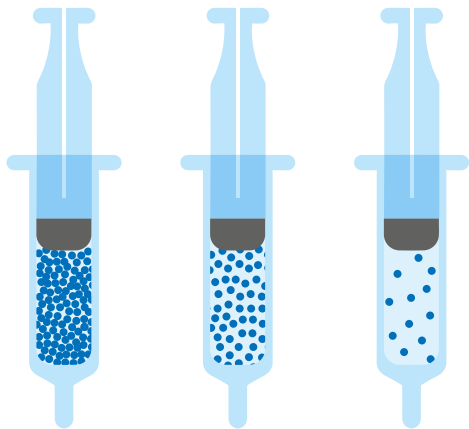
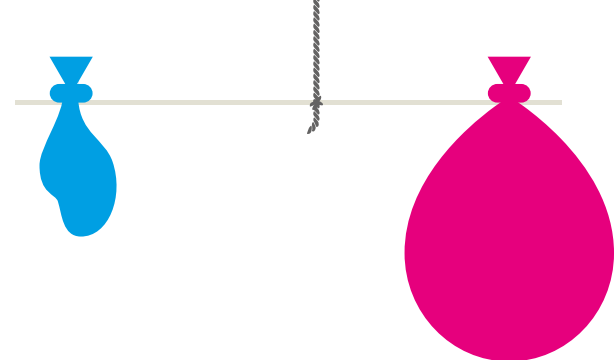
Arnau Amat, Jordi Martí i Víctor Grau



Investigamos la materia

Arnau Amat, Jordi Martí y Víctor Grau





Presentación

Pequeños talentos científicos es un programa de actualización científica que quiere fomentar la experimentación, la indagación y el descubrimiento en el aprendizaje de las ciencias por parte del alumnado de educación infantil y primaria.

El objetivo es proporcionar a los centros educativos una serie de recursos y orientaciones pedagógicas que ayuden a los maestros y maestras a implementar metodologías más participativas y creativas en el aula y que permitan al alumnado realizar pequeños trabajos de investigación y de prácticas experimentales.

El programa Pequeños talentos científicos se inició el curso 2013-2014. En sus dos primeras ediciones ha ofrecido recursos variados para poder trabajar la ciencia desde diferentes ámbitos de conocimiento. La edición del curso 2015-2016 fue la primera en la que los contenidos del programa se focalizaron en un área temática específica: la materia, su estructura y comportamiento.

En futuras convocatorias de Pequeños talentos científicos se tratarán las áreas temáticas siguientes: el cuerpo humano, el universo y los seres vivos.

En este libro se reúnen algunas ideas clave sobre la materia, se hacen propuestas de aprendizaje, se revisan las ideas de las niñas y niños y se sugieren experimentos, de modo que cada maestro encuentre referentes que pueda utilizar para construir sus propias propuestas docentes.

También se ofrece una secuenciación de contenidos para los diferentes niveles educativos.

Pequeños talentos científicos está organizado conjuntamente por el Instituto Municipal de Educación de Barcelona, la Fundación Catalana para la Investigación y la Innovación y EduCaixa-Obra Social "la Caixa".

Esperamos que este material sea de utilidad para la comunidad educativa.

Introducción

Esta publicación es la recopilación de los contenidos, experimentos e ideas trabajadas en la tercera edición del curso para maestras y maestros de ciclo medio y superior de educación primaria que forma parte del programa Pequeños talentos científicos.

El reto del curso 2015-2016 ha sido aumentar el compromiso hacia una metodología de la enseñanza de las ciencias basada en la investigación para la modelización.

Este año, el curso se ha centrado en ayudar al profesorado a investigar, con los niños y niñas, la estructura interna de la materia, uno de los bloques curriculares básicos del conocimiento del medio natural en primaria.

Así, este material debe servir al profesorado para desarrollar proyectos de investigación con el alumnado de ciclo medio y superior de primaria sobre cómo están hechos los materiales por dentro. Para ello, se presenta un resumen básico sobre conocimiento didáctico y algunos experimentos.

La primera parte sobre el conocimiento didáctico se divide en cuatro apartados. En el primero, hay una descripción metodológica sobre qué quiere decir investigar para modelizar. En el segundo, una explicación destinada al profesorado sobre las ideas clave que se deben trabajar sobre el modelo de partículas. En el tercero, se describe un relato sobre cómo los niños y niñas explican este tema y, finalmente, se propone una forma de organizar las ideas que se tienen que trabajar en una posible progresión de aprendizaje.

También se presentan doce experimentos, que se realizaron a lo largo del curso 2015-16 y que deben servir para ayudar al profesorado a trabajar este bloque de contenidos en el aula. Los experimentos, para ser coherentes con la metodología que se propone, están destinados a ayudar a los niños y niñas de primaria a

cambiar sus ideas y a construir un modelo mental sobre cómo está organizada la materia por dentro. Por este motivo, no se presentan los experimentos solos, como una receta, sino que van acompañados de una serie de orientaciones didácticas para guiar la observación de las niñas y niños, pero, sobre todo, para ayudarlos a construir explicaciones.

Por último, solo queremos destacar que tanto la metodología como los experimentos presentados se han elegido basándose en la investigación realizada por el grupo de investigación Coneixement i Didàctica (CoDi) de la Universidad de Vic - Universidad Central de Cataluña. Hemos procurado mantener la máxima rigurosidad para que esta guía sea de utilidad para las maestras y maestros de primaria que quieran innovar en el campo de la educación científica. Por este motivo, la mayor parte del conocimiento y las experiencias que se proponen son fruto de los trabajos de asesoramiento que estamos llevando a cabo en muchas escuelas de primaria y de la investigación educativa en didáctica de las ciencias que se está elaborando.

1. Aprender a investigar, investigar para comprender

¿Qué ciencia se hace en las escuelas de primaria?

Aunque muchos autores han teorizado sobre qué tipo de ciencias se están haciendo actualmente en la educación primaria y secundaria obligatoria y han identificado ciertos modelos didácticos (Jiménez-Aleixandre, 2000; Couso, 2014), es difícil caracterizar exactamente qué tipo de ciencias se están llevando a cabo en estos momentos en las escuelas de primaria, ya que cualquier aproximación no dejará de ser una caricatura poco fiel de la realidad existente, en la que se combinan maneras diferentes de hacer dentro de una misma escuela y en cada uno de los maestros y maestras.

A pesar de todo, a veces es necesario crear representaciones que nos ayuden a definirnos como docentes y a tomar conciencia de qué prácticas y qué visión estamos transmitiendo inconscientemente de las ciencias.

Por lo tanto, proponemos dos formas de hacer muy opuestas, que solo son una herramienta para pensar y no una simplificación de la realidad compleja de la enseñanza de las ciencias en las escuelas de primaria.

Por una parte, muchas escuelas de primaria trabajan las ciencias partiendo de una forma de hacer basada en la transmisión de conocimientos, en la que la ciencia no deja de ser un bloque de saber que es necesario que los niños y las niñas aprendan de manera aproblemática, muchas veces de memoria.

Esta manera de hacer ciencias toma desde formas muy evidentes, como las clases magistrales, hasta formas más encubiertas. Una de las formas más típicas de encubrir este modelo basado en la transmisión de conocimientos es la búsqueda de información. Muchos maestros y maestras adoptan esta metodología para enseñar el conocimiento del medio natural en primaria. Este hecho se puede deber a un equívoco sobre qué significa investigar, a un malentendido en la metodología

basada en proyectos o, muchas veces, a cierto miedo a los contenidos científicos que hay que enseñar.

En estos casos, la investigación es casi inexistente y cuando se hacen experimentos se utilizan como simple ilustración de la teoría explicada previamente en clase.

Por lo tanto, esta forma de enseñar ciencias inconscientemente da la falsa imagen de que la ciencia es un bloque de conocimientos acabado, inmóvil y sin cambios. Por otra parte, muchas escuelas de primaria trabajan a través de una metodología basada en el descubrimiento, en la que la ciencia es un proceso que hay que aprender independientemente del tema y del contenido. Este punto de vista parte de la idea inocente de que la simple observación de fenómenos naturales lleva a la comprensión de dichos fenómenos. En algunos de estos casos, la tarea del docente es solo crear un entorno de aprendizaje adecuado y muy abierto, en el que el docente casi no tendrá que intervenir, porque la niña o el niño, a través de la manipulación, acabará aprendiendo “de forma natural” el porqué del fenómeno.

En muchos de estos casos, la investigación es una observación libre, sin centrar la mirada en ninguna variable ni en ninguna parte del fenómeno. En otros casos, la investigación se entiende como un protocolo de un mal denominado método científico, en el que el niño o niña debe seguir una serie de pasos para llegar a la explicación del fenómeno natural que se esté trabajando. En muchos otros casos, la investigación se entiende como experimentar por experimentar, se proponen experimentos porque son espectaculares o bonitos o, simplemente, para motivar al alumnado.

Hacia una ciencia escolar auténtica

No debemos olvidar que la ciencia es a la vez un cuerpo de conocimientos y una práctica humana (Duschl, 1997).

La primera manera de hacer ciencias que hemos planteado, aparte de no partir de los principios pedagógicos constructivistas, no tiene en cuenta que la ciencia es una actividad.

El segundo método de hacer ciencias que hemos expuesto, aparte de tener una visión bastante naíf de cómo es el proceso de enseñanza y aprendizaje, olvida que la ciencia es también una serie de conocimientos culturales de nuestra sociedad. De este modo, ninguna de las dos formas ayuda a los niños y niñas a tener una visión sobre cómo se construye el conocimiento científico. Desde nuestro punto de vista, la actividad científica escolar en la educación primaria se tendría que caracterizar por hacer una ciencia lo más auténtica posible; es decir, una ciencia que comparta la finalidad y la práctica de la ciencia experta.

Como dicen los filósofos de la ciencia (Chalmers, 1992), la finalidad de la ciencia es producir conocimiento sobre el mundo. Por lo tanto, la finalidad de la educación científica tendría que ser cambiar el método como se explican los fenómenos naturales, de manera que se acercara a cómo lo explican los científicos. La mirada de la niña o el niño sobre el fenómeno natural trabajado no tendría que ser la misma antes y después de una intervención educativa. Así, es crucial entender cómo los niños y niñas razonan sobre el mundo que los rodea para ayudarlos a hacer evolucionar sus ideas.

Además, este cambio tendría que producirse a través de las prácticas de la ciencia, es decir, a través de la investigación científica. La educación científica debe tener en cuenta los grandes ámbitos que caracterizan el trabajo que realizan los científicos: el ámbito de los hechos y el ámbito de las ideas.

Tal como indica Martí (2012), el ámbito de los hechos comprende todas aquellas acciones que hacen los

científicos en referencia al mundo observable; es decir, es la parte empírica de la ciencia. Las acciones más típicas de este ámbito son:

- **La obtención de datos** se deriva directamente a través del uso de los sentidos, es decir, de la observación. En esta acción, se pueden utilizar varias técnicas específicas para obtener datos, como un diseño de experimentos con control de variables o diferentes operaciones como la medición y el conteo.

- **El análisis de datos** es el tratamiento de los datos primarios para poder compararlos y establecer hechos. En este sentido, el uso de lenguaje matemático y el empleo de estadística y de representaciones gráficas podrá ser de mayor utilidad.

- **El establecimiento de hechos (o conclusiones empíricas)** es la elaboración de un enunciado basado en el análisis de los datos obtenidos. Muchas veces, los hechos se establecen de forma consensuada con toda la clase y, por lo tanto, se trata de una serie de observaciones compartidas por diferentes personas. Los hechos toman forma de una afirmación seguida de las evidencias empíricas, como por ejemplo: Los líquidos son incompresibles, porque cuando hemos apretado el émbolo de la jeringa llena de agua tapando la punta, el agua no se ha movido.

En cambio, el ámbito de las ideas comprende todas aquellas acciones que llevan a cabo los científicos en referencia al mundo de las explicaciones. Por lo tanto, es la parte en que los científicos imaginan cómo funciona el mundo. Las acciones típicas de este ámbito son:

- **Construir explicaciones:** es cuando se busca la construcción de una explicación de las causas que provocan el fenómeno estudiado a partir de hechos empíricos establecidos anteriormente.

• **Defender explicaciones basándose en la evidencia y ponerlas a prueba:** es cuando se construye una explicación hipotética a través de una predicción justificada, que se pondrá a prueba a través de la observación, como por ejemplo: Si el aire no pesara, entonces cuando pese un globo inflado y desinflado en una balanza tendrían que pesar igual.

Estas acciones ayudan a caracterizar, de manera bastante resumida y sencilla, las acciones que hacen los científicos y ayudan a trascender la idea de método científico como método universal que, desde ciertos puntos de vista, caracteriza la actividad científica, pero que es cuestionado por muchos sociólogos y filósofos de la ciencia.

En este sentido, a veces nos será más cómodo empezar a trabajar por el ámbito de las ideas, mientras que en otras ocasiones nos resultará más cómodo empezar por el ámbito de los hechos.

En resumen, desde nuestro punto de vista y siguiendo las ideas expresadas por Martí (2012), en la educación primaria tendríamos que procurar que los niños y niñas aprendieran a investigar; es decir, que aprendieran la práctica científica y las acciones que caracterizan esta práctica. Al mismo tiempo, no tendríamos que perder de vista que la investigación debería servir para que la niñas y niños comprendieran los fenómenos naturales del mundo. En este caso, “comprender” no solo significa constatar una serie de observaciones, sino que quiere decir cambiar los modelos para mejorar las explicaciones que tienen los niños y niñas sobre el mundo.

Hacia una investigación para modelizar

De forma muy esquemática, en la ciencia experta los científicos hacen evolucionar sus ideas a través de la búsqueda de la coherencia entre lo que observan y las explicaciones que imaginan. Si un científico hace

unas nuevas observaciones que son incoherentes con la explicación que imaginaba, entonces tendrá que imaginar una nueva explicación, para que sea más coherente con aquello observado; o, al revés, si aparece una nueva explicación que es más coherente con las observaciones realizadas, entonces esta sustituirá a la explicación antigua. Sin embargo, en ninguno de los dos casos se trata de un proceso inmediato.

Por lo tanto, la metodología de enseñanza de las ciencias en primaria que propongamos está basada en la investigación para la modelización. Esta metodología parte, precisamente, de la búsqueda de la coherencia entre aquello que observamos en los experimentos y aquello que imaginamos a través de las representaciones.

La idea de partida es que la mente humana crea representaciones mentales para comprender el mundo, que denominamos modelos mentales. Desde nuestro punto de vista, es imprescindible, para trabajar el ámbito de las ideas en la educación primaria, que estos modelos mentales se expliciten en representaciones físicas a través de varios lenguajes, como por ejemplo: dibujos, representaciones corporales, maquetas, explicaciones escritas, etcétera.

Los modelos expresados nos permiten representar y manipular cosas que, normalmente, no son ni visibles ni manipulables. De este modo, las partículas de que está hecha la materia las representamos como pequeñas bolas de plastilina, que podemos tocar y mover, o con representaciones corporales en las que los propios niños y niñas hacen de moléculas de agua o, incluso, con dibujos que podemos ir creando. Esta transformación de entidades abstractas en entidades concretas y palpables permite que las niñas y niños puedan construir explicaciones o, como dicen Ogborn y otros (1998), pequeñas narraciones que expliquen el “porqué” de los hechos que establecen a partir de los experimentos.

Además, la creación de varias representaciones para explicar un fenómeno puede provocar precisamente discusiones y hacer que las niñas y niños tengan que argumentar para buscar qué modelo expresa mejor aquello que se ha observado experimentalmente. Por otra parte, es necesario conseguir que los niños y niñas sean conscientes de las limitaciones del propio modelo y hacerles entender que solo construimos representaciones de la realidad, pero que no existe ningún tipo de representación que pueda capturar la realidad de forma completa.

La idea de la modelización como proceso es que no es suficiente con expresar una vez el modelo, sino que tendremos que pedir que los niños y niñas construyan, usen, evalúen, modifiquen y revisen el modelo varias veces a lo largo de una secuencia de actividades. Además, muy a menudo combinaremos lenguajes diferentes para representar la complejidad del fenómeno. Precisamente, el objetivo de la modelización es que la niña o el niño vaya recogiendo, de la manera más explícita y consciente posible, como este modelo va cambiando y modificándose, para poder reflexionar no solo sobre el proceso de aprendizaje, sino también sobre cómo se va construyendo el conocimiento científico.

A diferencia del modo como utilizan la investigación y la experimentación en las formas de enseñar que hemos expuesto antes, nosotros creemos precisamente que la investigación tiene que usarse para modificar las ideas de las niñas y los niños. Los experimentos no se tendrían que hacer para ilustrar un conocimiento aprendido a través de los libros o de las explicaciones del docente, ni para aprender un mal entendido “método científico”, ni para motivarlos, sino que los experimentos se deberían hacer, precisamente, con la misma finalidad que los realizan los científicos: para comprender mejor el mundo que están estudiando y para poner a prueba las explicaciones que están construyendo.

Pero no solo la experimentación es un motor que permite mover ideas, sino que las nuevas maneras de representar y de explicar también pueden generar nuevas formas de comprensión. En el caso de esta publicación, la introducción del modelo de partículas, es decir, entender que la materia está hecha de pequeñas partículas con espacios vacíos en medio, puede ayudar precisamente a comprender mucho mejor el mundo que los rodea y a dar sentido a muchas observaciones. Estas nuevas maneras de representar podrán ser introducidas por los niños y niñas, pero muchas veces el maestro, como miembro de la clase, podrá, también, proponer nuevas representaciones. Estos nuevos modelos propuestos por el maestro se tendrán que poner a prueba y discutir en clase y se deberán aceptar como si fueran propuestos por cualquier otro.

Por lo tanto, el juego que plantea la metodología de investigación para la modelización que proponemos es, precisamente, que las niñas y niños expresen sus explicaciones a través de representaciones. La función del maestro será, a través de preguntas, proponer experimentos o nuevas formas de representar y buscar maneras de hacer aflorar las incoherencias entre aquello que imaginan y aquello que pueden observar, con la única finalidad de mejorar la comprensión que tiene la niña o el niño sobre el mundo y sobre cómo funciona la construcción del conocimiento científico.

2. Entender la materia desde el punto de vista del modelo de partículas

La discontinuidad de la materia

Cuando miramos una mesa, una extensión de agua o una regla vemos una distribución continua del material del cual está compuesto: un continuo de madera, agua y aluminio. Si, con los medios que tenemos habitualmente a nuestro alcance, dividiéramos estos materiales en partes, seguiríamos viendo lo mismo: un fragmento más pequeño de aquello que teníamos antes.

La percepción cotidiana es, pues, de “continuidad” de la materia y, por más que rompemos el material y lo hacemos más pequeño, el aspecto y propiedades del fragmento siguen siendo las mismas. Lo que sucede, sin embargo, es que las cosas no son así, y cuando hacemos partes muy pequeñas de un objeto, su aspecto y sus propiedades cambian.

Si observamos una gota de agua muy de cerca, con una lupa de pocos aumentos, seguiremos viendo una gota, igual que antes, pero más grande. Si aumentamos más la imagen utilizando un microscopio óptico de 2.000 aumentos, la imagen no cambiará y seguiremos viendo lo mismo: un continuo de agua. Visto lo visto, parecería que la materia es continua, pero si con el dispositivo adecuado ampliáramos la imagen de la gota de agua unos mil millones de veces, ya no veríamos lo mismo. Llegados a este aumento, podríamos observar un hormigueo, formado por una multitud de partículas, en este caso de agua, en constante movimiento.

Así pues la “discontinuidad” de la materia hace referencia al hecho de que la estructura y las propiedades de la materia cambian cuando la miramos muy de cerca, ya que a esta escala tan pequeña podemos ver que la materia está formada por unas unidades elementales, que denominaremos partículas, separadas por espacios vacíos. Esta idea se aleja bastante de lo que podemos observar y no es muy intuitiva para los niños y niñas de

primaria. Del mismo modo, también ha sido difícil para la ciencia construir la imagen corpuscular actual de la materia, ya que no se trata de una idea sencilla ni exenta de implicaciones filosóficas.

Las partes elementales

Imaginemos ahora que dispusiéramos de un aparato de observación que nos permitiera observar las cosas tanto de cerca como quisiéramos, desde unos pocos aumentos, como hace una lupa, hasta aumentar la imagen mil millones de veces. ¿Qué veríamos con nuestro aparato al observar diferentes objetos? Todo dependería de qué tipo de material estuviéramos observando. En algunos objetos, a diferentes aumentos observaríamos una gradación de estructuras; en cambio en otros, no, pero en todos los casos, cuando llegáramos a la escala más pequeña de todas podríamos observar las partículas que forman el material. Diríamos que en este momento estaríamos observando la naturaleza discontinua de la materia.

A los alumnos de primaria les hablaremos siempre de partículas, pero el maestro debe tener claro que estas partículas no son siempre los átomos, también pueden ser moléculas.

El átomo es la unidad más pequeña de los elementos que forman todos los materiales de nuestro mundo. Denominamos elementos aquellos que aparecen en la tabla periódica.

Con nuestro hipotético aparato de observación veríamos que la parte más pequeña de hierro es el átomo de hierro, o que la parte más pequeña de mercurio es el átomo de mercurio, pero no siempre sería así, ya que no existen átomos de agua, de bicarbonato, de sangre o de plástico. La parte más pequeña que podríamos observar de agua, bicarbonato, sangre o plástico no serían

átomos, sino moléculas: grupos de átomos dispuestos en una estructura bien definida. El grupo de átomos que forman la molécula de agua será, para nosotros, la partícula de agua.

Todo esto significa que si observamos la materia con más aumentos, podremos distinguir una jerarquía de diferentes subestructuras:

a. En algunos materiales, cuando los mirásemos a una escala más y más pequeña, iríamos encontrando una gradación de estructuras cada vez más sencillas, como es el caso de los materiales biológicos (una hoja, la piel, un cabello, la sangre, etcétera): cuando los miramos muy de cerca, antes que nada podemos encontrar tejidos orgánicos y, si aumentamos más la imagen con nuestro dispositivo, veremos las células. A una escala todavía más pequeña, observaremos moléculas (que forman las células) y, a un nivel por debajo (observando con más aumentos), encontraremos los átomos que forman dichas moléculas.

b. En otros materiales encontraríamos menos estructuras jerárquicas: moléculas y, a un nivel inferior, los átomos. Es el caso de muchos materiales compuestos, como los plásticos, la sal, el agua, el dióxido de carbono, etcétera. Todos ellos consisten en una determinada agrupación de átomos que forma lo que se denomina una molécula, y muchas de estas moléculas juntas forman la estructura macroscópica visible.

c. Todavía podríamos encontrar otros materiales o sustancias en los que, al observarlos con un gran aumento con nuestro dispositivo, veríamos directamente átomos. Podríamos reconocer una estructura ordenada o desordenada de átomos, podría haber átomos de unas o más variedades, pero no encontraríamos estructuras como las moléculas. Serían ejemplos de este gran grupo las aleaciones metálicas, el oro, el aluminio, el grafito, etcétera.

Aunque es importante que el maestro tenga bien clara esta estructura en niveles, para el alumno de educación primaria las cosas se pueden simplificar y trabajaremos solo el hecho de que la materia es discontinua y que si la observáramos a muchos aumentos veríamos unas partículas mínimas de materia separadas por espacios vacíos. En esta etapa educativa no es necesario distinguir si estas estructuras son átomos o moléculas. Por lo tanto, de ahora en adelante llamaremos “partículas” a estas unidades mínimas de materia.

El concepto de masa

Imaginemos que tenemos una barra de tiza que pesa 20 gramos y la partimos por la mitad, entonces la barra de tiza pesará 10 gramos. Si fuéramos haciendo particiones sucesivas, veríamos que el peso de la tiza iría disminuyendo, pero si tuviéramos una balanza muy precisa siempre podríamos medir el peso. Si tenemos en cuenta la idea de discontinuidad de la materia, llegaría un momento en que no podríamos partir más la tiza, ya que nos encontraríamos con la unidad mínima de tiza, es decir, habríamos llegado a las partículas que forman la tiza. Si dispusiéramos de una balanza lo bastante precisa, a pesar del peso minúsculo de esta partícula, podríamos seguir midiéndolo. Por muy pequeña que sea la parte de un material, este siempre tiene un peso (o masa).

En la etapa de educación primaria no es necesario distinguir entre peso y masa.¹ Por lo tanto, entenderemos que cuando pesamos un objeto con una balanza, en el fondo, estamos midiendo la masa que tiene, o, en otras

1. Para la física, la masa de un cuerpo se define como la cantidad de materia que contiene. El instrumento de medida de la masa es la balanza y la unidad internacional de medida es el gramo. En cambio, el peso de un cuerpo es la fuerza con que es atraído por la gravedad de la Tierra; el instrumento de medida sería, en este caso, el dinamómetro, y la unidad de medida, según el Sistema Internacional, el Newton. Así, un elefante tendría la misma masa en todas partes, pero, en cambio, su peso en la Tierra sería seis veces superior que en la Luna.

palabras, estamos midiendo la cantidad de materia que hay en dicho objeto. Así, podemos deducir que todo lo que esté compuesto por partículas tendrá masa. Si en un experimento la masa no varía, querrá decir que no hay cambios en la cantidad de materia y, por lo tanto (siempre dentro de este concepto primario de partícula y sin tener en cuenta el cambio químico), las cantidades de partículas antes y después del experimento serán idénticas.

La disposición de sólidos, líquidos y gases

Dos conceptos clave marcan la diferencia entre los estados de la materia: el orden en la disposición de las partículas y los enlaces entre ellas. A diferencia de lo que pasa en muchos sólidos, en los líquidos y los gases la ordenación espacial de las partículas es prácticamente nula, es decir, no se observa ningún patrón de distribución regular especial en las partículas que forman estas sustancias.

a. La disposición de las partículas en los sólidos

Los sólidos pueden tener las partículas ordenadas o desordenadas. Por ejemplo, la sal, el diamante, el cobre y todos los minerales tienen las partículas ordenadas, pero en materiales como el cristal de las ventanas, la plastilina o la harina, las partículas están desordenadas; es decir, que las partículas que los forman están situadas al azar.

La ordenación de la estructura está muy ligada a las propiedades del sólido, pero no es el único aspecto determinante.

Podemos tener estructuras desordenadas con propiedades muy diferentes, como el cristal y la plastilina. Se pueden hacer cristales muy rígidos y duros, pero la plastilina es poco rígida y muy blanda. Del mismo modo, las estructuras ordenadas pueden tener propiedades

muy diferentes: el diamante es una estructura ordenada de partículas (átomos de carbono) extremadamente dura, pero si estos átomos de carbono se ordenan de otra forma (en láminas), tendremos el grafito, del cual está hecha la punta del lápiz.

Cuando escribimos, vamos separando fácilmente pequeñas capas de grafito, que quedan depositadas sobre la hoja de papel. En general, podemos decir que los sólidos tienen una estructura más o menos rígida, tanto si sus partículas están ordenadas regularmente como si no. Esta rigidez se debe a que los enlaces entre sus partículas son lo bastante fuertes como para mantener las partículas en unas posiciones determinadas.

b. La disposición de las partículas en los líquidos

Tanto en los líquidos como en los gases, las fuerzas entre las partículas que forman la sustancia son muy pequeñas. En los líquidos, cualquier pequeña acción exterior es capaz de mover o separar las partículas de su posición (eso nos permite remar, ponernos gotas en la nariz, escribir con la pluma, etcétera). Aunque las fuerzas de atracción (enlaces) entre las partículas de un líquido son pequeñas, son suficientes para mantener la forma y la unidad de una gota. Sin embargo, podemos aplicar fácilmente una fuerza mayor que la que mantiene unidas las partículas y dividir la gota en partes más pequeñas.

c. La disposición de las partículas en los gases

En los gases, estas fuerzas que mantendrían unidas las partículas son todavía más débiles y el propio movimiento térmico de las partículas es suficiente como para separarlas de sus partículas vecinas. Esto comporta que se muevan muy fácilmente de su posición inicial de una forma prácticamente libre. Este movimiento casi independiente de las partículas de un gas impide que en los gases “se formen gotas”, ya que se

atraen tan débilmente que se mueven sin restricciones y rápidamente ocupan todo el espacio que tienen disponible. La debilidad de los enlaces entre las partículas de líquidos y gases es la responsable de que estos estados de la materia tengan las partículas desordenadas.

Los efectos de suministrar calor a un cuerpo: la dilatación y los cambios de estado

Sometidas a una fuente de calor, las partículas de los materiales vibran más intensamente, ya se trate de sólidos, líquidos o gases. Esto es así porque proporcionar calor a una sustancia significa suministrar energía a sus partículas, que aumentarán su energía cinética vibrante, lo que se traducirá en un incremento de la temperatura del cuerpo (la temperatura es una medida de esta agitación térmica).

Una de las consecuencias de esta agitación térmica más intensa es la dilatación de los materiales, la otra son los cambios de estado. En cierto modo, los dos están relacionados.

a. La dilatación

Imaginemos un sólido, cuyas partículas ocupan una posición bien determinada en el espacio. Si nos imaginamos un sólido concreto, como una barra larga de aluminio, cuando suministramos calor, sus partículas se agitan más y empujan a las partículas vecinas. En la figura 1, hemos representado las partículas y un círculo punteado que nos indica la zona en la cual se enmarcan los movimientos de cada una de las partículas: la partícula se mueve, pero siempre dentro de la zona punteada. En la figura 2, hemos representado la disposición de las partículas al suministrar calor.

Cuando proporcionamos calor al sólido, la zona punteada de cada partícula crece y las partículas se em-

Figura 1. El sólido está a una temperatura baja y ocupa una longitud y una anchura determinadas



Figura 2. Cuanto más elevada es la temperatura, los movimientos de las partículas son mayores y, por lo tanto, esta zona crece: el círculo punteado aumenta de diámetro

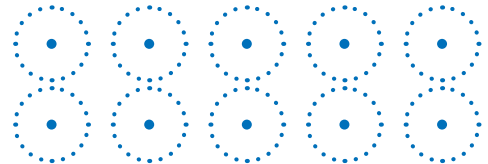
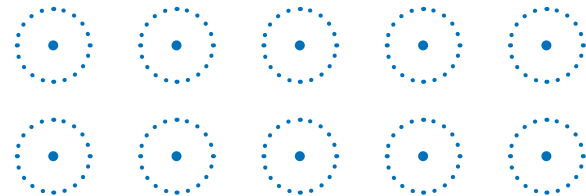


Figura 3. A consecuencia de la aportación de calor, el sólido aumenta de longitud y de anchura



piezan a empujar las unas a las otras. Esta disposición no será estable, de modo que el sólido adquiere la configuración de la figura 3, con las posiciones de las partículas más espaciadas. Con el nuevo diámetro de la zona punteada, las partículas se han separado hasta que ya no se empujan más las unas a las otras. Mientras el sólido esté a una temperatura más elevada, esta será la configuración estable del sólido: se habrá alargado y habrá aumentado de anchura.

Fijémonos en que, dado que cada partícula se aparta de sus vecinas, el objeto se habrá dilatado muy poco en anchura, ya que solo se tiene que apartar de un vecino; pero, en cambio, en longitud habrá aumentado mucho más, ya que hay una hilera larga de partículas vecinas y cada una se aparta un poco de las otras. Así, a partir de este razonamiento podemos deducir:

1. Cuando un objeto se dilata lo hace en todas las dimensiones, no solo en longitud.
2. Un objeto largo incrementará más la longitud que un objeto corto.
3. Cuanto mayor sea el aumento de temperatura, mayor será el incremento de longitud.
4. No todos los materiales se dilatan igual. Cada material lo hace más o menos según su propia naturaleza, y esto permite asignar un cierto “coeficiente de dilatación” a cada material. Este coeficiente se encuentra experimentalmente y podéis encontrar tablas con sus valores.

Los líquidos y los gases también se dilatan y la explicación es parecida a la que hemos ofrecido a través de las figuras 1, 2 y 3, con la diferencia de que ahora las partículas ni están ordenadas ni ocupan posiciones fijas en el espacio. Tal como ocurre con los sólidos, hay líquidos que se dilatan muy fácilmente, como el alcohol o el mercurio, y otros que se dilatan muy poco, como

el agua. Los gases, en cambio, tienen un coeficiente de dilatación muy parecido entre ellos.

b. Cambios de estado

Volvamos al ejemplo del apartado anterior del sólido que se dilataba e imaginemos que seguimos aumentando la temperatura.

Si la configuración de la figura 3 es estable, es porque a aquella temperatura, aunque las partículas se han separado, los enlaces entre ellas siguen siendo todavía lo bastante fuertes como para retenerlas en su posición dentro de la estructura que forman. Pero si ahora aumentamos más la temperatura, obligamos a que el diámetro de la zona punteada sea todavía mayor debido a los fuertes movimientos térmicos de cada partícula. Y si seguimos aumentando la temperatura, puede acabar sucediendo que las partículas se separen tanto entre ellas que la fuerza de vínculo que las mantiene unidas llegue tan débilmente a las partículas vecinas, con tan baja intensidad, que sea incapaz de sostener la estructura rígida que vemos en las figuras 1 o 3. Como consecuencia de esto, la estructura ordenada se rompe. Este proceso, que denominamos fusión, es el paso de una estructura sólida a una líquida, en la que las fuerzas que unen partículas vecinas serían incapaces de mantener la estructura ordenada del sólido ante la fortísima agitación térmica que tiende a separarlas (hay que tener en cuenta que esto no significa que los enlaces entre las partículas se debiliten, sino que no son lo bastante fuertes como para mantener la estructura ligada en estado sólido).

Siempre que intentamos romper un objeto debemos invertir energía en la tarea. En este caso, la energía (en forma de calor) sirve para romper la estructura sólida inicial. Este cambio de estado se produce siempre a una temperatura determinada y, mientras dura, la energía

suministrada al sólido se invierte en romper los enlaces que mantenían unidas sus partículas. De este modo, se observa que la temperatura de la sustancia no cambia durante la fusión.

Si partimos del líquido obtenido antes, sus partículas todavía mantienen cierta cohesión y, aunque no pueden conservar una estructura rígida, se mantienen unidas formando gotas. Si seguimos calentando el líquido, como antes hemos razonado, la energía calorífica suministrada se invertirá en aumentar la velocidad de las partículas, que ahora se moverán de una manera mucho más enérgica y evidente, tal como se puede observar cuando calentamos agua hasta su punto de ebullición. Si el movimiento es lo bastante enérgico, llegará a vencer definitivamente los enlaces que todavía podían mantener a las partículas formando gotas y las partículas se moverán libremente, cada una a su aire, sin verse afectadas por la presencia de partículas vecinas (salvo los posibles choques entre ellas). El gas ocupará rápidamente todo el espacio disponible, sencillamente porque se mueve aleatoriamente y sin restricciones (pensad en el agua cuando hierve y se evapora).

Imaginemos, ahora, este gas cerrado dentro de un recipiente. Los choques de las partículas contra las paredes del recipiente ejercen una fuerza sobre ellas: es la presión que produce un gas encerrado dentro de un recipiente. Si lo calentamos más, los choques contra las paredes serán más enérgicos y frecuentes y, por lo tanto, entendemos lo que podemos observar en la realidad: que cuando se calienta un gas encerrado dentro de un recipiente la presión aumenta (por ejemplo en la olla a presión).

Tanto en la dilatación de sólidos, líquidos y gases, como en los cambios de estado, podemos comprobar que la masa se mantiene. Si pesamos una barra de aluminio antes y después de calentarla (tal como proponemos

en el experimento 8), podremos observar que el peso no varía. Si pesamos unos cubitos de hielo dentro de una bolsa bien cerrada antes y después de que los cubitos se hayan derretido (tal como proponemos en el experimento 5), podremos observar que el peso es el mismo.

Como hemos comentado, que la masa se conserve antes y después de un experimento de dilatación o cambio de estado querrá decir que no ha habido ni ganancia ni pérdida de materia, es decir, que el número de partículas es el mismo (de nuevo estamos obviando aquí el cambio químico). Este hecho se debe a que los cambios producidos son explicables a partir de los cambios en la ordenación interna de la materia, no por adición o extracción de partículas.

3. Ideas de los niños y niñas sobre la estructura de la materia

Como en tantos otros aspectos relacionados con la adquisición de conocimiento científico, el problema en la enseñanza de este bloque de contenidos no es que se trate de conocimientos complejos (que lo son) o que estén más o menos alejados de la experiencia cotidiana; el problema radica más bien en lo que los niños y niñas ya saben, es decir, en sus modelos mentales sobre la materia y sus propiedades y comportamientos (NRC, 2007; Martí, 2012).

Muchas investigaciones sobre didáctica de las ciencias han estudiado los conocimientos que las niñas y niños tienen y usan cuando deben explicar fenómenos vinculados a las propiedades y el comportamiento de los objetos materiales (Smith y Wiser, 2008). Del

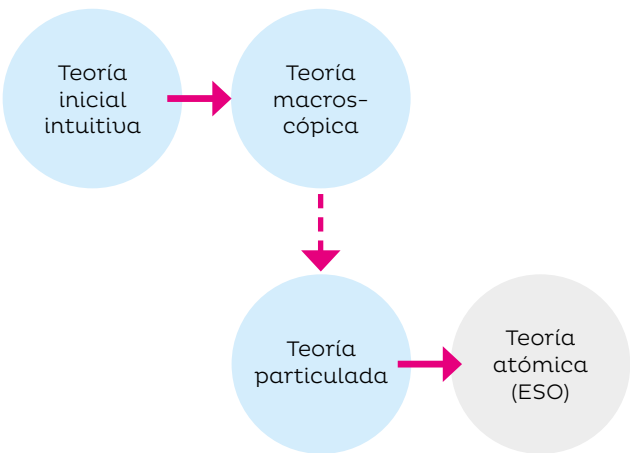
conjunto de estas investigaciones se desprende una primera propuesta: dado que los alumnos llegan a la educación primaria con unas determinadas teorías iniciales sobre la estructura y los comportamientos de la materia, habría que organizar el currículum teniendo en cuenta una progresión de aprendizaje que permita a los niños y niñas ir reconstruyendo sus modelos iniciales y acercarlos progresivamente a los modelos científicos (figura 4). A continuación lo exponemos con más detalle.

La teoría inicial intuitiva: es materia todo aquello que puedo percibir

Desde muy pequeños, los niños y niñas están en contacto con objetos y materiales muy diversos y conocen sus propiedades porque interactúan espontáneamente mientras juegan o exploran, tanto si lo hacen libremente como de forma guiada. Saben que hay materiales que se rompen, otros que rebotan, algunos que queman muy fácilmente y otros que parecen fríos cuando los tocas. Además, las niñas y niños desde los pocos meses de vida saben, aunque no sean conscientes de ello, que los objetos se distinguen muy bien de las personas y de los otros seres vivos, porque no se mueven de manera autónoma, no tienen deseos, etcétera.

Estos conocimientos y experiencias, y muchos otros que los niños y niñas ya tienen desde muy pequeños, conforman lo que los investigadores han denominado teoría inicial intuitiva sobre la materia. Dos ideas fundamentales que sustentan esta teoría son: “es materia todo aquello que puedo notar o que puedo percibir de alguna manera” y “pesa (por lo tanto, tiene masa) todo aquello que noto que pesa”. Esto explica, por ejemplo, por qué a las niñas y niños más pequeños les cuesta tanto reconocer el aire y los gases en general como materia (ellos solo hablan del aire para referirse al viento) y pone de

Figura 4. Progresión de aprendizaje sobre la estructura de la materia



manifiesto que tienen y usan unos conceptos de materia y de peso (masa) muy diferentes al significado y uso que tienen estos mismos conceptos en la ciencia.

Esta diferencia en el uso de unos mismos conceptos en los niños y en la ciencia es una evidencia de la que no siempre somos lo bastante conscientes. Así, por ejemplo, parece claro que el concepto de sólido que tienen los niños y niñas en sus teorías iniciales no siempre incluye los agregados (polvo, arena, etcétera), que muchas veces no saben dónde colocar. Por lo tanto, es muy fácil que alumnos y maestra imaginen cosas diferentes cuando usan la palabra sólido, y no se trata solo de una definición, sino de la representación mental que cada uno tiene sobre un determinado concepto.

En esta teoría inicial intuitiva los niños y niñas también otorgan un valor explicativo muy amplio al peso (masa), probablemente porque es una de las magnitudes que perciben más claramente en los objetos y materiales de su entorno. Esto provoca que consideren que algunos objetos no flotan porque “pesan mucho”, o que piensen que llegará antes al suelo un objeto que pesa más que otro si los soltamos los dos al mismo tiempo y desde la misma altura.

Igualmente, los niños y niñas tienen más facilidad para apreciar las diferencias que para destacar aquello que hay en común. Por este motivo, en este modelo inicial sobre la materia las niñas y niños no prevén el principio de conservación de la masa o del volumen, tal como puso de manifiesto Piaget, o consideran casi como una sustancia diferente el hielo y el agua, porque tienen un aspecto externo y unas propiedades muy distintas y, además, los llamamos de manera diferente.

Las maestras y maestros tenemos que ser conscientes de que es desde estos modelos iniciales que los niños y niñas interpretan la estructura de la materia y sus comportamientos, y que aprender sobre la materia

significa, justamente, ayudar a nuestros alumnos a reconstruir estos modelos, ideas y conceptos iniciales.

La teoría macroscópica de la materia: la materia es todo aquello que tiene masa y ocupa espacio

Un primer paso en este proceso de reconstrucción comporta ayudar a pasar de la teoría inicial intuitiva sobre la materia que hemos descrito hasta ahora, a la que se ha llamado la teoría macroscópica de la materia (figura 4). Dos elementos centrales del tránsito de una teoría a la otra son la reconceptualización de los conceptos de materia y peso (masa) y la adquisición del principio de conservación de la cantidad de materia.

Así pues, hay que ayudar a los alumnos a pasar de la idea de que la materia es “todo aquello que percibo”, a comprender que materia es “todo aquello que tiene masa y ocupa espacio”. También los tendremos que ayudar a comprender que los sentidos no son buenos indicadores del peso e introducirlos a fondo en la medida del peso, para así empezar a entender que todo aquello material, por pequeño que sea, tiene peso y ocupa espacio.

Este proceso de reconceptualización no es tan sencillo como puede parecer y la investigación ha puesto claramente de manifiesto que no lo conseguiremos fácilmente si la acción en el aula se centra en dar y repetir definiciones o en hacer experimentos solo con el objetivo de observar resultados y no de comprender y dar sentido. Porque el reto no es, solamente, adquirir experiencias o vocabulario nuevos; el reto es, sobre todo (re) construir una nueva teoría sobre la materia.

Con esta nueva concepción de materia y de peso (masa) y con la medición de la masa como instrumento de comprobación, probablemente será más fácil que los alumnos adquieran el principio de conservación de la cantidad de materia, que es tan esencial en

la comprensión tanto de los cambios físicos (cambios de estado, disoluciones, etcétera), como de los cambios químicos (Izquierdo y grupo Kimeia, 2011). Comprender profundamente este principio es muy importante y hará que los alumnos, por ejemplo, pongan en duda la idea de que “un cubito de hielo pesa más que el agua que obtenemos cuando se funde”, tan propia de su teoría inicial sobre la materia.

La teoría particulada de la materia: la materia está hecha de pequeñas partículas separadas por espacios vacíos

Siguiendo el esquema de la figura 4, este proceso de reconstrucción teórica debe continuar en el ciclo superior de la educación primaria introduciendo la idea de partícula como constituyente básico de la materia. La experiencia cotidiana que todos tenemos con los objetos y los materiales que nos rodean conduce a que concibamos la materia como continua, porque no es posible ver de ningún modo las partículas que los modelos científicos dicen que la conforman. La teoría atómica de la materia enuncia que tiene una naturaleza particulada, es decir, está hecha de muchísimas partículas muy pequeñas, que no podemos ver, separadas por espacio vacío y que están más o menos ligadas entre ellas.

A buen seguro que en la educación primaria no es necesario que hablemos de moléculas ni de átomos ni de enlaces químicos, pero sí que tenemos que introducir a los niños y niñas en una nueva concepción de la materia, la teoría particulada sobre la materia. Aunque a muchos maestros y maestras les puede parecer que este conocimiento está fuera del alcance de los alumnos de estas edades, la investigación didáctica ha demostrado que estas asunciones son poco fundamentadas (Acher, Arcá y Sanmartí, 2007). Demasiado a menudo se menosprecian las capacidades reales de razonamiento y comprensión de los alumnos y alumnas de primaria y ello

acaba conduciendo a currículums reales de aula muy simplificadores, sin pensar que quizás son justamente estas prácticas de aula (y no la edad o la madurez) lo que hace que las niñas y niños tengan ciertas dificultades con algunos contenidos. No todas las formas de enseñar ayudan a aprender (Martí, 2012).

Ir construyendo una teoría discontinua sobre la materia no es fácil para los niños y niñas, y a los maestros no nos valdrá cualquier tipo de actividad para ayudarlos realmente en este propósito. La percepción real que todos tenemos de la materia juega en nuestra contra y, por eso, ahora es el momento que maestros y alumnos debemos tomar conciencia de la importancia de los modelos mentales en la construcción de nuevo conocimiento científico. En el proceso de transición de la teoría macroscópica a la teoría discontinua es cuando es necesario que ayudemos a los niños y niñas a comprender que en la actividad científica es tanto o más importante imaginar como experimentar. Por ello habrá que plantearles actividades explícitamente dirigidas para que expresen sus propias representaciones mentales sobre cómo es la materia por dentro, cómo se imaginan que están dispuestas las partículas en un sólido, en un líquido y en un gas, y qué tipo de vínculos (débiles o fuertes) tienen entre ellas en cada caso (véase el experimento 7).

Acompañar a los niños y niñas en este tránsito teórico puede ser apasionante e, incluso, sorprendente, porque rápidamente nos daremos cuenta de que nuestras alumnas y alumnos tienen más capacidad para el razonamiento científico de lo que a menudo se asume. Sin embargo, este proceso de aprendizaje no está exento de dificultades, que hay que tener presentes.

Una de las mayores dificultades con que nos encontraremos está vinculada al salto de escala que supone pensar la materia en términos de partículas y com-

prender que las partículas ya no se conciben como partes muy pequeñas de la misma sustancia, sino que se entienden como los elementos que en realidad componen una sustancia o un material.

Partiendo de una concepción continua de la materia, a medida que los alumnos van recibiendo nueva información sobre las partículas microscópicas que la forman, pasan a un modelo de granularidad que comporta que piensen que la materia está hecha de piezas pequeñas de la misma sustancia, por eso otorgan a las partículas las mismas propiedades que tiene la sustancia. Por ejemplo, piensan que si el material es azul, las partículas también lo son; o que si la sustancia es dulce, las partículas también. Otras veces, adoptan un modelo plum cake, en el cual la materia sería una masa continua (como la masa de un pastel), que tiene las partículas incrustadas dentro (como las pasas).

Otra dificultad es la vinculada con el movimiento constante de las partículas. Este tránsito de un modelo de partículas estático a un modelo de partículas dinámico será, seguramente, un paso crítico. Es bastante habitual que consideren que las partículas son estáticas y que no se mueven y cuando aceptan que se pueden mover lo asumen más fácilmente para los líquidos y los gases que para los sólidos. Además, suelen atribuir el movimiento de las partículas a un factor externo y no a la propia partícula. Esto, probablemente, ocurre porque, como ya hemos dicho, en los modelos iniciales sobre la materia que los niños y niñas tienen desde muy pequeños saben y asumen que todos los objetos no vivos no poseen movimiento propio.

Es fácil que todas estas formas de razonar se presenten en los modelos del alumnado cuando los introducimos en la teoría particulada de la materia. Como maestras y maestros debemos valorar estas teorías como buenos intentos por parte de los alumnos y alumnas de dar

sentido a las cosas, pero también hemos de tomar conciencia de que tendremos que ayudarlos a conseguir que estos modelos evolucionen, hasta donde se pueda, hacia lo que sería el modelo de partículas.

No debemos tener ningún miedo de jugar con nuestros alumnos a pensar sobre las partículas que conforman la materia, porque, lleguemos donde lleguemos, tendrán toda la educación secundaria para acabar de darle sentido. A este respecto, muchas de las investigaciones del encuentro de experiencias de los Pequeños talentos científicos, presentadas en el CosmoCaixa en mayo de 2016, guardaron relación con la teoría particulada. La mayoría partían de las preguntas formuladas por los niños, como por ejemplo:

- ¿Qué hará que se deshaga el cacao?
- ¿Cómo es que los termómetros miden la temperatura?
- ¿Cómo es que se empaña el espejo cuando nos duchamos?
- ¿Qué materiales nos pueden ayudar a aislar mejor los edificios?
- ¿Podemos escuchar la radio debajo el agua?

Las preguntas de los niños y niñas nos pueden servir como punto de partida para iniciar una investigación, pero para darle sentido y para que comprendan plenamente el fenómeno, tendremos que introducir una primera versión de la teoría particulada, porque es esta concepción de la estructura interna de la materia lo que les permitirá poder explicar cómo se producen muchos de estos fenómenos cotidianos.

4. Investigar la estructura de la materia con los niños y niñas de primaria

Estos cambios de teoría solo serán posibles si todo el profesorado nos ponemos como prioridad dotar a los niños y niñas de las herramientas adecuadas para comprender, de una manera cada vez más sofisticada, la materia y sus comportamientos.

En este caso, reanudamos la idea central del primer capítulo: solo a través de la investigación y la representación posterior de los modelos podremos ir haciendo evolucionar las ideas de las niñas y niños. De esta forma, los experimentos que, como docentes, acabemos seleccionando, se deben elegir con la finalidad principal de hacer evolucionar estas representaciones sobre cómo es la materia por dentro.

Por este motivo, de la treintena de experimentos que se trabajaron a lo largo del curso de Pequeños talentos científicos, hemos seleccionado los doce que creemos que pueden ser más útiles y relevantes para ayudar a los niños y niñas de primaria a trabajar la estructura de la materia. Aunque somos conscientes de que muchas veces acabamos utilizando los recursos de aula para cubrir la diversidad de necesidades de nuestro grupo, los experimentos que presentamos están pensados y ordenados para ayudar a trabajar el tránsito entre las teorías presentadas en la figura 4: de la **teoría inicial intuitiva**, hasta la **teoría articulada**, pasando por la **teoría macroscópica**.

Con el fin de facilitar la organización, hemos redactado siete ideas clave que sirven para trabajar el tránsito entre teorías

Ideas para trabajar el paso desde la teoría inicial intuitiva hasta la teoría macroscópica:

Idea clave 1: La materia es todo aquello que tiene masa y volumen.

Idea clave 2: El aire es materia.

Idea clave 3: La cantidad de materia, es decir, la masa, se conserva en los cambios físicos.

Idea clave 4: Cada estado de la materia tiene unas propiedades que caracterizan aquel estado y lo diferencian de los otros.

Ideas para trabajar el paso desde la teoría macroscópica hasta la teoría articulada:

Idea clave 5: La materia está hecha de partículas que están ligadas más o menos fuertemente entre ellas.

Idea clave 6: El calor hace que las partículas se agiten más intensamente y provoca su dilatación y cambio de estado.

Idea clave 7: Las partículas están en movimiento constante.

La temperatura es la medida del cambio de movimiento entre partículas.

Los doce experimentos que detallaremos a continuación, tal como se puede ver en la figura 5, sirven para trabajar estas ideas y, por lo tanto, el tránsito entre teorías. De este modo, si se cogen los experimentos con el orden en que los proponemos pueden servir como una orientación de una posible secuenciación de actividades.

Los experimentos se presentan siempre de la misma forma para ayudar a implementarlos en el aula y poder trabajar las ideas mencionadas.

a. Una lista de material, siempre pensada basándonos en el hecho de que los niños y niñas están en grupos cooperativos de cuatro personas, y una **descripción del experimento**, en la cual se detalla cómo hacerlo.

De la teoria a la práctica

b. Ideas para trabajar, donde se concretan tanto las **ideas clave** sobre la estructura de la materia, como las que se quieren trabajar con los experimentos. Además, también se describen y se justifican las ideas de los niños y cómo las usan para explicar los resultados del experimento. Finalmente, se presenta la explicación científica del experimento que se está trabajando.

c. Orientaciones didácticas, donde se describen estrategias metodológicas para trabajar en el aula, tanto las observaciones (orientaciones para guiar la observación), como las explicaciones (orientaciones para guiar las explicaciones). En el momento de guiar las explicaciones hemos procurado dar bastantes recursos para ayudar a los alumnos a expresar sus ideas y a revisarlas basándose en la evidencia obtenida con los experimentos.

Los experimentos que presentamos a continuación se basan en la descripción preparada por Marcel Costa (biólogo y profesor del Instituto Abierto de Cataluña) y Jordi Mazón (físico y profesor de la Universidad Politécnica de Cataluña)

Experimento 1. El peso del aire

Experimento 2. Un globo extraño

Experimento 3. El globo en el tarro de vacío

Experimento 4. Antes de entrar dejad salir

Experimento 5. El peso de los cubitos cuando se deshacen

Experimento 6. Observamos sólidos, líquidos y gases

Experimento 7. Las jeringas

Experimento 8. Dilatación de los sólidos

Experimento 9. Dilatación de los líquidos

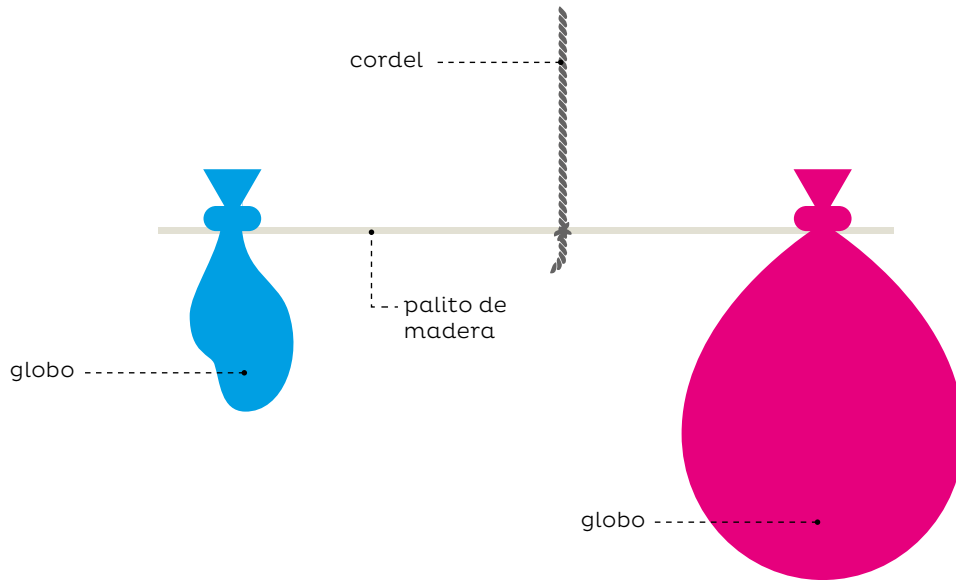
Experimento 10. Dilatación de los gases

Experimento 11. Inventamos un destilador solar

Experimento 12. El movimiento de las partículas

Experimento 1

EL PESO DEL AIRE



Material para un grupo de cuatro personas:

2 globos, un palito de madera, cuerda, una báscula y plastilina (para construir la representación)

Descripción del experimento

1. Daremos dos globos a cada grupo y pediremos que los hinchen.
2. Pediremos que los niños y niñas nos digan si pesan y cuál pesa más.
3. Con un palito de madera y dos cordeles, los niños tienen que construir una balanza de brazos para demostrar que un globo inflado pesa más que un globo sin aire.
4. Pesaremos los mismos globos, inflado y deshinchado, con una báscula.

Ideas para trabajar

Las ideas científicas

Idea clave 1: La materia es todo aquello que tiene masa y volumen.

Idea clave 2: El aire es materia.

Las ideas de los niños y niñas

Cuando preguntemos a los niños si el globo inflado pesa, lo más probable es que digan: "No pesa". Esta idea se debe a que las niñas y niños asocian la idea de peso a la fuerza que tienen que hacer para sostener algo. Por lo tanto, si no perciben que deben hacer un esfuerzo para aguantar el globo, piensan que no pesa.

La explicación científica

El aire que nos rodea está formado por diferentes tipos de gases y las moléculas que lo componen tienen masa y ocupan un volumen. El aire que hay dentro del globo pesa muy poco y difícilmente se puede medir con una báscula como las de la escuela. A pesar de todo, sí que es posible pesar el aire de pelotas de playa de tamaño medio.

Orientaciones didácticas

Orientaciones para guiar la observación

En el momento de sopesar los globos y preguntar si pesan o no pesan, podemos intentar que los niños se cuestionen que el aire pesa preguntando por objetos inflables mayores que un globo, como por ejemplo: un colchón o una tracción inflable.

Podemos probar de pesar un globo inflado y un globo desinflado con una báscula, pero si no es muy sensible, será difícil detectar las diferencias. Por lo tanto, podemos plantear el reto de construir una balanza de brazos. Con el fin de construir la balanza de brazos habrá que colocar el cordel exactamente en medio del palo de madera y, por lo tanto, habrá que medir con una regla. Se puede aprovechar para cuestionar la construcción de la balanza y buscar limitaciones metodológicas.

Orientaciones para guiar la explicación

Este experimento debe servir para poder comprender que el aire tiene masa y ocupa un espacio, porque está hecho de materia. Por lo tanto, habrá que buscar la forma que los niños se puedan imaginar cómo es que un globo inflado pesa más que un globo desinflado.

Podemos preguntar “¿qué hay dentro del globo?”. Probablemente, todos sabrán que hay aire, porque tienen que soplar para hincharlo. A pesar de todo, seguramente dirán que el aire no pesa.

Una manera de hacer visible este aire de dentro del globo es construyendo una representación. Así, nos podemos imaginar que el aire es como la plastilina y los globos los podemos representar con un cordel.

Si no hemos trabajado todavía el modelo de partículas, podemos pedir a los niños y niñas que dentro de un cordel, que representa las paredes del globo, pongan una masa de plastilina continua, que nos serviría para representar el aire, tal como se muestra en la figura 6.

Podemos pedirles que representen un globo inflado y un globo desinflado. Tendremos que vigilar que representen el globo desinflado con menos plastilina que el inflado. Si pesamos las dos masas de plastilina, constataremos que, efectivamente, la que había en el globo desinflado pesa menos que la que había en el globo inflado.

Finalmente, si hemos trabajado el modelo de partículas podemos representar el experimento tal como se ve en la figura 7. Podemos trabajarlo con los niños y niñas haciendo que el aire sean pequeñas bolitas de plastilina. Pedimos que se imaginen cómo estará este aire en el globo inflado y en el globo desinflado, y les haremos reflexionar sobre la masa pesando las bolitas de plastilina o haciendo contar el número de partículas en forma de bolitas que hay en los dos globos, recordando que cada partícula tiene una masa determinada.

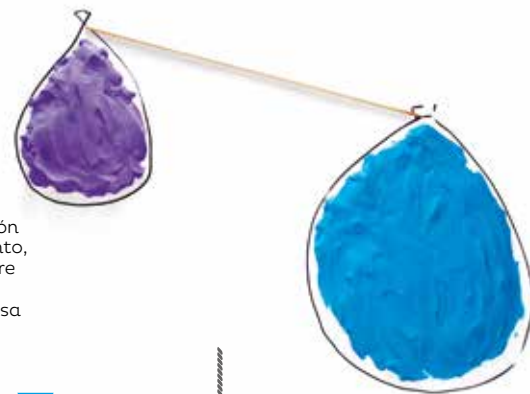


Figura 6.
Representación
del experimento,
en el que el aire
se imagina
como una masa
continua
de plastilina

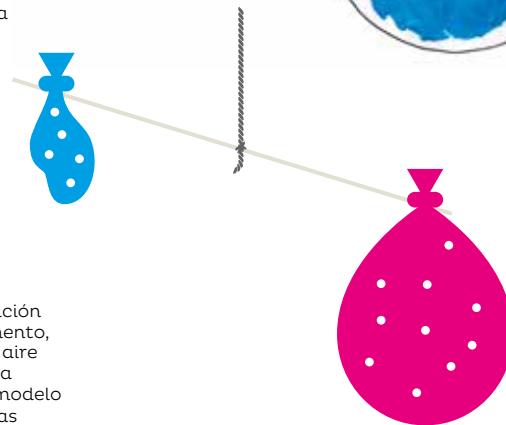
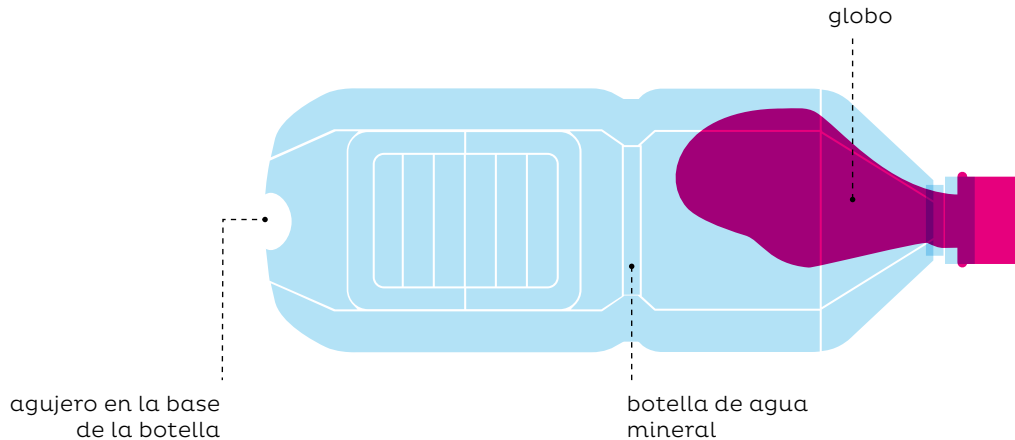


Figura 7.
Representación
del experimento,
en el que el aire
se imagina a
través del modelo
de partículas

Experimento 2

UN GLOBO EXTRAÑO



Material para un grupo de cuatro personas:

1 globo, 1 botella de agua mineral de 33 cl con un agujero en la base, plastilina (para construir la representación).

Descripción del experimento

1. Colocaremos un globo en la boca de una botella de agua mineral de 33 cl por la parte interior.
2. Haremos un pequeño agujero en la base de la botella de forma que sea fácil de tapar con un dedo.
3. Soplaremos para hinchar el globo mientras mantendremos tapado el agujero.
4. Repetiremos el proceso con el agujero destapado.

Ideas para trabajar

Las ideas científicas

Idea clave 1: La materia es todo aquello que tiene masa y volumen.

Idea clave 2: El aire es materia.

Las ideas de los niños y niñas

Para los niños y niñas de las primeras etapas de primaria la gran dificultad para explicar este experimento será detectar la presencia de aire dentro la botella. También puede presentar dificultades trabajar la idea de que el aire ocupa espacio.

La explicación científica

El punto de partida es que dentro de la botella hay aire. El aire que inyectamos dentro del globo cuando soplamos hace que ocupe más espacio. Si el agujero de la base de la botella no está tapado, entonces el aire que hay dentro de la botella puede salir por el agujero. En cambio, si el agujero está tapado, el aire no puede salir y, por lo tanto, el globo no se puede hinchar.

Orientaciones didácticas

Orientaciones para guiar la observación

Este experimento se puede plantear fácilmente como un diálogo con los niños y niñas. Además, podemos utili-

zar el efecto sorpresa de no poder hinchar el globo para hacerles preguntas. Podemos sostener la botella y pedir a alguna de las niñas o niños que lo hinche. Podemos tapar o destapar el agujero de la base de la botella, disimuladamente, sin que se dé cuenta de ello.

A continuación, la maestra o maestro puede dejar que examinen la botella y que encuentren el agujero. A partir de aquí, las preguntas tienen que ir orientadas a establecer una relación entre lo que pasa cuando el agujero está tapado y cuando no lo está: “¿Qué pasa cuando el agujero está tapado? ¿Qué pasa cuando está destapado?”.

Orientaciones para guiar la explicación

La construcción de la explicación debe ir orientada a cambiar la forma de explicar y, por lo tanto, se tendrá que trabajar en dos grandes direcciones: la primera es que en la botella, aunque no se pueda ver, hay aire; la segunda es que este aire que no puedo ver ocupa un espacio.

Para trabajar la idea de que dentro de la botella hay aire, tendremos que preguntar, después de hacer la observación: “¿Qué hay dentro de la botella?”. Probablemente los niños y niñas contestarán que dentro de la botella no hay nada o que solo hay un globo. Habrá que volver a preguntar hasta que aparezca la idea de que, además, hay aire. En caso de que sea difícil, esta idea podemos hacerla emerger preguntando qué hay dentro del globo cuando está inflado. En este caso, fácilmente las niñas y niños dirán que hay aire, y entonces podemos preguntar si también hay aire dentro la botella.

Una vez hecha esta reflexión, podemos representar este aire. Pedimos que hagan un dibujo de la situación inicial, cuando el globo está dentro de la botella, y pedimos que pinten con un color donde se imaginan que hay aire.

Si todavía no hemos trabajado que la materia está hecha de partículas, otra forma de representarlo es con plastilina. En una cartulina podemos representar la situación inicial. El globo se puede representar con un cordel grueso. Podemos proponer que se imaginen que el aire es plastilina y que pongan una masa de plastilina de color lila donde crean que debe haber aire dentro de la botella, y una masa de plastilina de color naranja donde crean que debe haber aire dentro del globo.

Si ya se ha introducido el modelo de partículas, se puede representar la situación inicial pensando que el aire está hecho de pequeñas bolitas separadas (figuras 8 y

9). Con la representación con plastilina conseguimos hacer visible el aire y trabajar la idea de que ocupa espacio. Podemos preguntar a los niños, utilizando la representación, si pueden explicar qué pasa con la plastilina naranja cuándo hinchamos el globo. Tendríamos que procurar llegar a la idea de que debemos añadir plastilina dentro del globo, ya sea en forma de bolas o de masa continua, según el modelo que estemos trabajando.

En este momento, la maestra o maestro ha de hacer notar que si se tiene que añadir plastilina naranja para conseguir que el globo gane espacio, entonces debemos sacar plastilina lila (en forma de bolas o de masa continua, según el modelo que estemos trabajando).

Esto solo puede pasar si el agujero de la botella está destapado. En cambio, cuando la botella tiene el agujero tapado, la plastilina lila (que representa el aire de dentro de la botella) no podrá salir y, por lo tanto, no podremos añadir plastilina naranja (que representa el aire de dentro del globo), lo que provocará que el globo no se pueda hinchar.

Figura 8. Representación de la situación inicial, cuando todavía no hemos hinchado el globo, con el modelo de partículas

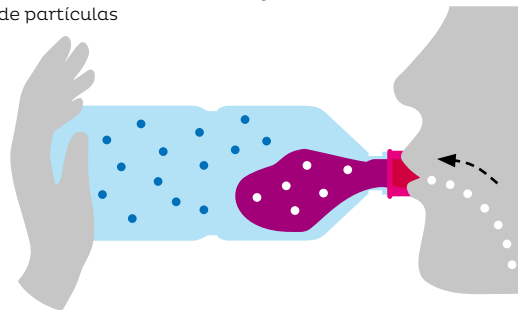
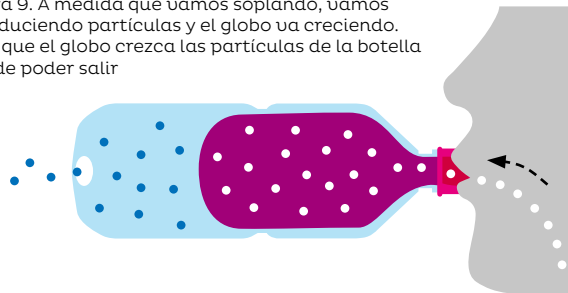
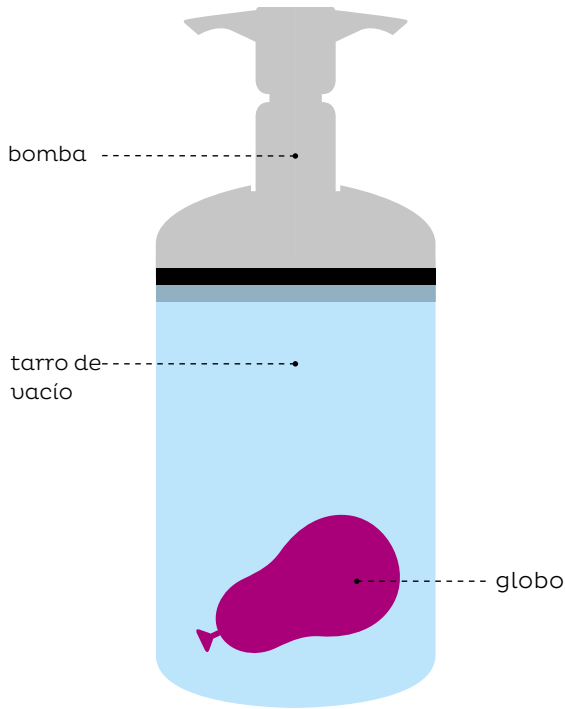


Figura 9. A medida que vamos soplando, vamos introduciendo partículas y el globo va creciendo. Para que el globo crezca las partículas de la botella han de poder salir



Experimento 3

EL GLOBO EN EL TARRO DE VACÍO



Material para un grupo de cuatro personas:

1 tarro de vacío con 1 bomba, un globo atado (y plastilina para la representación).

Descripción del experimento

1. Daremos un globo atado a cada grupo para que lo examinen.
2. Pondremos el globo atado dentro del tarro de vacío y lo cerraremos.

3. Preguntaremos a los niños y niñas qué pasará cuando sacamos el aire del tarro y que justifiquen las respuestas.

4. Extraeremos el aire del tarro de vacío con la bomba, mientras observamos que el globo se va inflando.

5. Volveremos a introducir aire dentro del tarro, mientras observamos como el globo se va desinflando

Ideas para trabajar

Las ideas científicas

Idea clave 1: La materia es todo aquello que tiene masa y volumen.

Idea clave 2: El aire es materia.

Las ideas de los niños y niñas

Cuando les pidamos las predicciones es muy probable que aparezca la idea de que el globo se hinchará y levitará, porque algunos asocian el vacío con la ausencia de fuerza de gravedad. Otras veces, dicen que solo se hinchará o que no pasará nada.

En el momento de explicar la causa del fenómeno, los niños y niñas muy a menudo dicen que hay aire que ha entrado dentro del globo. Aunque les mostramos que el globo está bien cerrado, les será difícil creer que un globo puede hincharse si no le entra aire. Esto se debe, sobre todo, a la dificultad para identificar el aire dentro y fuera del globo y para entender la fuerza que ejerce el aire. A menudo también explican este fenómeno diciendo que la bomba "chupa" el globo y lo estira, de forma que hace deformar la pared del globo hasta que gana volumen.

La explicación científica

La presión del aire es la fuerza que ejercen las partículas de aire, debido a su movimiento constante, sobre una

determinada superficie. Al extraer aire del tarro de vacío, hay menos partículas de aire en el tarro y, por lo tanto, menos presión. De este modo, el globo se hincha porque la presión que ejercen las partículas de aire de dentro del globo es mayor que la presión que ejercen las partículas de aire de fuera del globo.

Orientaciones didácticas

Orientaciones para guiar la observación

Es importante que hagamos que los niños y niñas se den cuenta de que el globo se va hinchando a medida que vamos extrayendo el aire con la bomba; pero, también, que cuando entra aire, el globo se desinfla y vuelve al volumen que tenía inicialmente. Además, es esencial hacerles ver que el globo está bien cerrado y que no puede entrar ni salir aire.

Orientaciones para guiar la explicación

Para construir la explicación de este fenómeno es crucial centrarse en:

- a) Identificar el aire dentro y fuera del globo.
- b) Entender que el aire tiende a ocupar todo el volumen y que ejerce una presión.
- c) Entender que con la bomba, a diferencia de cuando hinchamos una pelota, estamos haciendo salir el aire del tarro de vacío, y no haciéndolo entrar.

A diferencia de los experimentos 1, 2 y 4, este experimento no se puede representar como una masa continua de plastilina, porque en este caso la masa del globo no cambia a lo largo del experimento. Con el fin de identificar el aire dentro y fuera del globo podemos pedirles que hagan un dibujo. A continuación, podemos representar el aire como pequeñas bolitas de plastilina y el globo lo podemos mostrar con un cordel atado, y podemos dibujar el tarro de vacío en una cartulina. Para ayudar a construir la representación, les preguntaremos: “Nos imaginaremos que el aire está hecho de pequeñas bolitas de plastilina. ¿Cómo estarían estas bolitas cuando todavía no hemos sacado aire del tarro de vacío?”.

El objetivo es que acaben realizando a una representación semejante a la figura 10: con algunas bolitas de plastilina dentro del tarro y más bolitas dentro del globo. La distancia que separa las bolitas debería ser la misma. Para trabajar que el aire tiende a ocupar todo

el espacio disponible y que ejerce una presión, podemos utilizar el ejemplo del experimento 7, en el que se aprieta una jeringa y se tapa el agujero con el dedo. En este experimento, podemos observar que el aire se puede comprimir, pero que a la vez ejerce fuerza sobre el émbolo de la jeringa, ya que este retrocede cuando lo dejamos de apretar. De esta forma, podremos establecer el hecho de que el aire tiende a expandirse y que, además, ejerce una fuerza sobre las superficies.

Finalmente, podemos preguntarles: “¿Qué debe pasar con las bolitas de plastilina cuando sacamos el aire del tarro de vacío?”. Les tenemos que hacer ver que el aire que sale del tarro de vacío se puede representar sacando las bolitas de plastilina que hay entre el tarro de vacío y el globo. También hay que guiarlos para que representen que el espacio que ya no ocupan las partículas de aire que están fuera del globo es ocupado por las partículas de dentro del globo, lo que provoca que el globo se hinche (figura 11). Es importante hacerles notar que el globo siempre contiene las mismas partículas, lo que quiere decir que no entra ni sale aire. Por lo tanto, si fuera posible pesarlo antes y después de extraer el aire del tarro de vacío, podríamos observar que su peso no varía.

Otra forma de representar este fenómeno sería haciendo una representación corporal. En esta representación corporal una parte del alumnado se tendría que dar la mano haciendo un corro y representaría la pared del globo, mientras que el resto representaría el aire, tanto de dentro como de fuera del globo.

Figura 10. Situación inicial en la que todavía no se ha extraído el aire de dentro del tarro de vacío

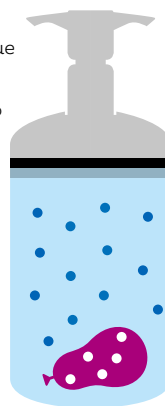
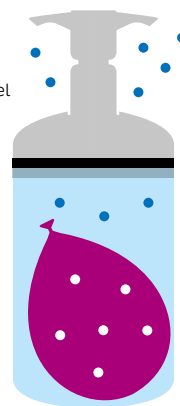
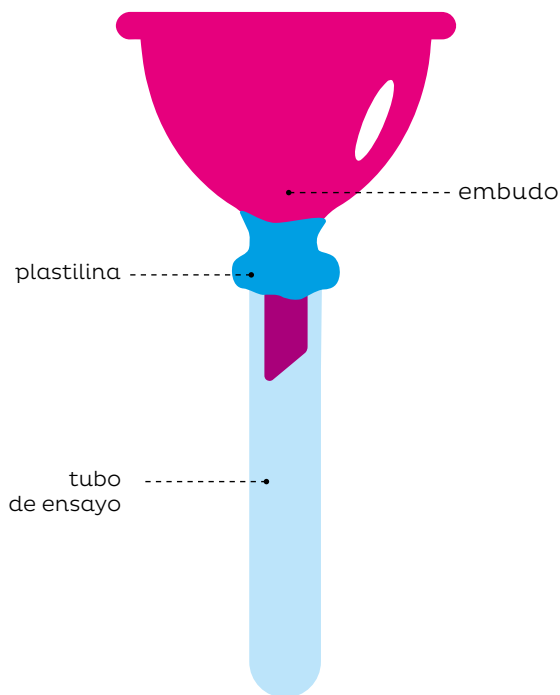


Figura 11. Situación en la que ya se ha extraído gran parte del aire del tarro de vacío



Experimento 4

ANTES DE ENTRAR DEJAD SALIR



Material para un grupo de cuatro personas:

1 tubo de ensayo o una botella de 33 cl, plastilina,
1 embudo con el canuto de pequeño diámetro y agua.

Descripción del experimento

1. Colocamos el embudo en la boca del tubo de ensayo o de una botella de 33 cl de agua. Es preferible el tubo de ensayo, ya que el perímetro de contacto entre el tubo y el embudo es mucho más pequeño y, por lo tanto, mucho más fácil de sellar.

2. Con plastilina, sellamos el espacio entre el tubo y el embudo de manera que quede cerrado herméticamente.

3. Tiramos agua por el embudo y observaremos que no cae. Es importante no mover mucho el embudo para no generar remolinos, que harían que el agua acabara cayendo.

4. Solo podrá entrar el agua si perforamos la plastilina.

Ideas para trabajar

Las ideas científicas

Idea clave 1: La materia es todo aquello que tiene masa y volumen.

Idea clave 2: El aire es materia.

Las ideas de los niños y niñas

Para los niños y niñas de las primeras etapas de primaria la gran dificultad para explicar este experimento será identificar que dentro del tubo de ensayo hay aire. Esta dificultad se debe a que los niños creen que las cosas son tal como las perciben. Por lo tanto, su razonamiento es: si no puedo ver el aire, es que no debe estar.

Muy probablemente, algún niño o niña puede decir “que el agua no cae, porque la plastilina la aguanta”. Es importante que los niños puedan ver que la plastilina no toca directamente el agua. Esto se puede conseguir fácilmente observando que la plastilina no toca la parte interna del embudo. Por lo tanto, el papel que la plastilina juega en el experimento es totalmente indirecto.

La explicación científica

El agua que vertemos en el embudo no puede caer al tubo de ensayo, porque el aire que hay dentro no puede salir. El aire ocupa espacio e impide la entrada de las partículas de agua. Cuando el cierre de plastilina deja de

ser hermético, el aire del tubo de ensayo puede salir y el agua puede caer.

Orientaciones didácticas

Orientaciones para guiar la observación

Podemos plantear este experimento a través de la estructura Predicción - Observación - Explicación. Primero pedimos a las niñas y niños que predigan: “¿Qué crees que pasará cuando vierta agua dentro del embudo?”. A continuación, que observen: “¿Qué ha pasado cuando he tirado el agua?”. Y, finalmente, que den una explicación “¿Por qué ha pasado lo que ha pasado?”.

Otra opción es plantearlo como una comparación entre dos situaciones y mostrar dos tubos de ensayo con dos embudos, uno sellado con plastilina y el otro sin sellar. A partir de aquí, hay que pedir que expliquen qué ha pasado en cada una de las situaciones.

Orientaciones para guiar la explicación

La finalidad de la experimentación es cambiar la manera de explicar de los niños y niñas. Así, se tendrá que trabajar en dos grandes direcciones: la primera, dentro del tubo de ensayo, aunque no se pueda ver, hay aire; la segunda, que este aire que no puedo ver ocupa un espacio.

Para trabajar la idea de que dentro del tubo de ensayo hay aire, deberemos preguntar:

“¿Qué hay dentro del tubo de ensayo?”. Probablemente, los niños contestarán que no hay nada. Tendremos que volver a preguntar hasta que aparezca la idea de que dentro del tubo hay aire o introducir nosotros la presen-

cia del aire, en el momento que hagan la representación.

Para representar este aire, podemos pedir que hagan un dibujo de la situación inicial, cuando tenemos el tubo de ensayo con el embudo, sin haber vertido el agua. A continuación, podemos pedirles que hagan un dibujo de la situación final, cuando tenemos el tubo de ensayo con el embudo y hemos vertido el agua. En los dos casos, pediremos que pinten donde hay aire y, en el segundo caso, también podemos solicitar que pinten de un color diferente donde hay agua.

Otra forma de representarlo es con plastilina. En una cartulina podemos representar la situación inicial. Pedimos que se imaginen que el aire y el agua son plastilina. Con plastilina blanca pueden representar donde hay aire, mientras que para mostrar el agua pueden utilizar plastilina azul. Si todavía no hemos trabajado que la materia está hecha de partículas, el aire puede ser una masa continua esparcida por todos los rincones del tubo de ensayo y otra masa continua para el agua. En caso de que ya se haya introducido el modelo de partículas, entonces se puede representar la misma situación inicial pensando que el aire y el agua están hechos de pequeñas bolitas separadas, tal como se muestra en la figura 12

Amb la representació amb plastilina aconseguim fer visible l'aire i serà possible començar a treballar la següent idea: l'aire ocupa espai. Podem preguntar als infants que expliquin, fent servir la representació, què passa amb la plastilina blanca (que representa l'aire) quan l'aigua (representada per la plastilina blava) cau per l'embut. Hem d'arribar a la idea que l'espai que ocupa la plastilina blanca no deixa entrar la plastilina blava.

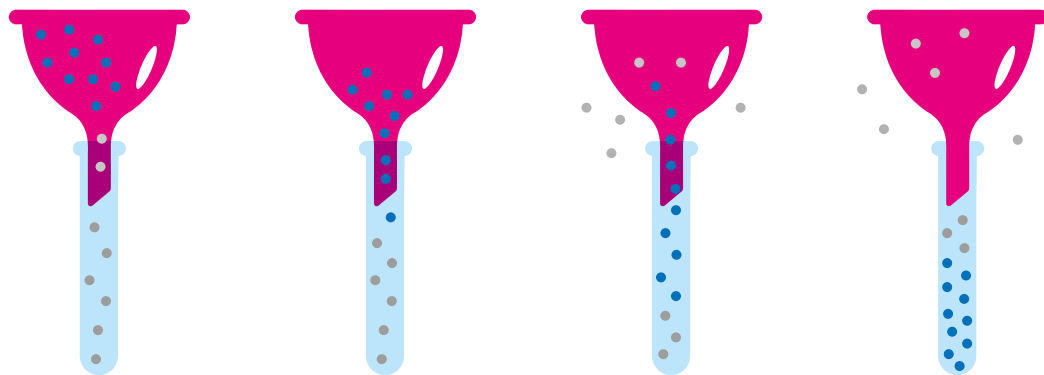
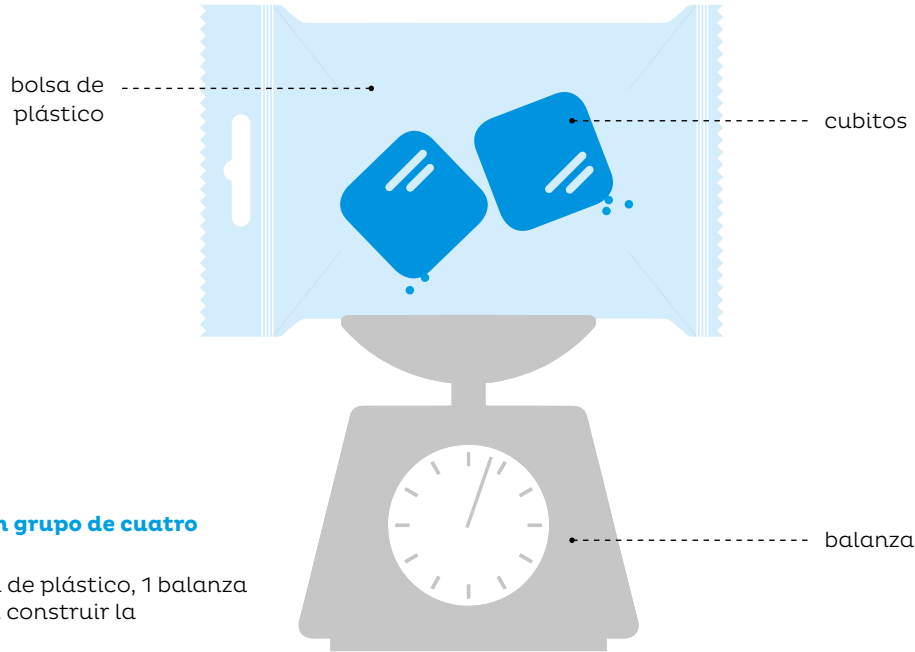


Figura 12.
Representación
utilizando el modelo
de partículas
para explicar el
experimento

Experimento 5

EL PESO DE LOS CUBITOS CUANDO SE DESHACEN



Material para un grupo de cuatro personas:

2 cubitos, 1 bolsa de plástico, 1 balanza (y plastilina para construir la representación)..

Descripción del experimento

1. Daremos un par de cubitos de hielo encerrados dentro de una bolsa de plástico a cada grupo de alumnos. Pediremos que en una balanza midan la masa del conjunto y que la registren en una libreta. Haremos más de una pesada, y si el resultado es diferente, calcularemos la media.
2. Propondremos a los alumnos que predigan si habrá algún cambio en el peso (masa) del agua que obtendremos una vez los cubitos se hayan fundido completamente. No se trata de predecir el peso exacto, sino de

decir si el agua obtenida pesará menos, más o igual que los cubitos originales. Es importante que les pidamos que justifiquen la predicción que hayan realizado.

3. Esperaremos a que los dos cubitos se fundan y, una vez completamente fundidos, mediremos de nuevo la masa en la misma balanza. Como antes, haremos más de una pesada, y si los resultados son diferentes calcularemos la media.

4. Debatiremos con los alumnos que se ha producido un cambio de estado, de sólido a líquido, pero que la masa no ha cambiado en este proceso.

Ideas para trabajar

Las ideas científicas

Idea clave 3: La cantidad de materia se conserva en los cambios físicos.

Idea clave 4: Cada estado de la materia tiene unas propiedades que caracterizan aquel estado y lo diferencian de los otros.

Las ideas de los niños y niñas

En la fusión de un cubito se produce el paso de agua sólida a agua líquida. Si bien los niños y niñas probablemente no tengan dificultades para aceptar que la sustancia no ha cambiado (tanto el sólido como el líquido, son agua), es fácil que en la mayoría de los casos predigan que el agua obtenida, una vez se hayan fundido completamente los cubitos, pesará menos que los cubitos originales.

El concepto de peso (masa) de las teorías iniciales sobre la materia de los niños y niñas no se corresponde con el concepto científico de peso (masa). Las niñas y niños usan un concepto de peso basado en la percepción de que un objeto o un material pesa (es decir, tiene masa) cuando, sopesándolo, notan que pesa. Además, los niños y niñas suelen asociar la rigidez de un objeto con su pesadez. De esta manera, piensan que el agua líquida que se obtiene al fundir un cubito pesará menos que el cubito original, ya que es menos compacta y filtra entre los dedos.

Estas predicciones que hacen las niñas y niños son coherentes con su teoría inicial sobre la materia, aunque estén alejadas de los conceptos científicos aceptados y, por lo tanto, no les será fácil abandonar esta idea.

Las predicciones de no conservación de la cantidad de materia (masa/peso) también se pueden explicar por las dificultades de los niños y niñas, al menos hasta los 6 o 7 años, para resolver tareas que impliquen la conservación (de la forma, el volumen, el peso...), tal como pusieron de manifiesto los estudios pioneros de Piaget y sus colaboradores. Además, hay que tener en cuenta que la percepción humana está diseñada para captar los cambios en nuestro entorno y, por eso, en general, los niños y niñas se sienten más interesados por las transformaciones que por aquello que se conserva y tienen menos dificultades para observar y explicar los cambios que las continuidades.

La explicación científica

El conocimiento científico sobre la materia nos plantea que todo aquello que es materia tiene masa y ocupa espacio. La masa es una magnitud que hace referencia a la cantidad de materia.

En los cambios físicos y químicos que encontraremos en la educación primaria (cambios de estado, dilatación, disoluciones, reacciones químicas sencillas) podremos comprobar fácilmente que la masa total no cambia del estado inicial al estado final. Así pues, cuando se derrieten dos cubitos que conjuntamente tienen una determinada masa, la masa del líquido resultante es la misma. Este resultado está relacionado con el principio fundamental de conservación de la cantidad de materia.

A diferencia de lo que ocurre en el conocimiento cotidiano, que se centra en el cambio, en el conocimiento científico tan importante puede ser comprender qué es lo que cambia como lo que no cambia en una transformación. En este sentido, para destacar tanto el cambio como la conservación se propone esta experiencia en la que observamos un cambio de estado, pero a la vez se mantienen la masa y el tipo de sustancia.

Orientaciones didácticas

Orientaciones para guiar la observación

Esta experiencia plantea dos momentos. Un momento inicial de formulación y justificación de predicciones y de preparación del material, y un segundo momento de obtención de resultados y discusión. En medio, hay que prever que habrá un tiempo de espera, porque la fusión del cubito no es inmediata y será más o menos rápida según la temperatura ambiente del lugar donde se lleve a cabo la experiencia.

Por eso puede ser interesante aprovechar el rato de espera para anotar y discutir las predicciones que hayan formulado los alumnos. También se puede aprovechar este paréntesis para describir el proceso de fusión ayudando a los niños y niñas a describir cómo va cambiando el cubito a lo largo del tiempo. Se puede sugerir que acompañen la descripción con un dibujo o una fotografía.

Una vez que se hayan fundido los cubitos, puede ser que observemos cambios en el peso, por ello, es importante que nos aseguremos de que los niños y niñas entienden

la idea de error en la medida, derivada de la precisión del aparato, porque esto los puede ayudar a aceptar que, aunque no pesen exactamente igual, la diferencia se tiene que atribuir al error. Así, por ejemplo una balanza que tenga una precisión de un gramo mide de gramo en gramo y, por lo tanto, puede ser que para un objeto que en realidad pesa 35,6 gramos, en una pesada nos marque 36 y en otra nos marque 37. Si nos pasa esto, dado que la diferencia no es de más de un gramo, debemos interpretar que la diferencia de peso se debe a la precisión del aparato de medida y no a una pérdida (o ganancia) de peso.

Vale la pena tener presente que en el corto espacio de tiempo que dura esta experiencia es poco probable que se pierda masa por la evaporación del agua, y menos teniendo en cuenta que hemos colocado los cubitos cerrados dentro de una bolsa de plástico.

Orientaciones para guiar la explicación

Como ya se ha comentado en relación con las ideas de los niños y niñas, es muy fácil que en las predicciones iniciales consideren que el líquido que resulta de la fusión de los cubitos pesa menos que los dos cubitos en estado sólido iniciales. Esta predicción es coherente con la idea de masa y de conservación de la materia propia de las teorías iniciales de las niñas y niños sobre la materia, y ello implica que no es una idea fácil de modificar.

Es muy importante que, una vez hecha la predicción, los niños y niñas la justifiquen; es decir, que expliquen por qué esperan el resultado que esperan. Esto se puede promover con intervenciones del maestro, como: “¿Qué te hace pensar que pasará lo que dices? ¿Podrías poner otro ejemplo en el que ocurra algo semejante? ¿Qué evidencia tienes para hacer esta predicción?” Es importante que las respuestas a estas preguntas se anoten y queden claras y que si hay dos predicciones diferentes, pero bien justificadas, las aceptemos las dos.

Una vez hecha la experiencia, deberemos contrastar los resultados obtenidos con las predicciones iniciales. Ni para los científicos ni para los alumnos y alumnas es fácil cambiar de idea, de modo que habrá que acompañarlos en la interpretación de los resultados obtenidos.

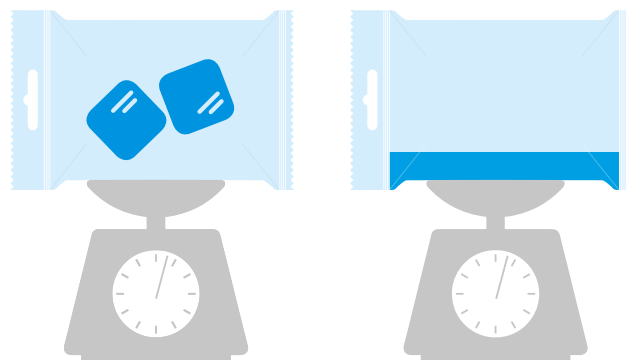
A los alumnos que hayan predicho que el agua en estado líquido pesará diferente, tendríamos que ayudarlos a revisar la idea que tienen sobre la masa y su conservación. En el caso de los alumnos que hayan predicho

que pesará lo mismo, podría ser que aunque su predicción es correcta, se hubieran basado en una concepción inadecuada de masa. Por lo tanto, es necesario que nos aseguremos de que lo dicen en el marco de una concepción correcta de masa, como cantidad de materia, y de su conservación.

Tanto para unos como para otros, podemos mostrarles un trozo de plastilina y hacerles pensar sobre qué podemos hacer para que pese más o menos y llegar a la conclusión de que solo lo podremos conseguir si añadimos o quitamos materia (plastilina). La masa mide la cantidad de materia y, por lo tanto, habrá más o menos masa cuando haya más o menos cantidad de materia. Esta reflexión nos puede conducir a preguntar: “¿En el caso de los cubitos, hay menos materia cuando se funden o hay la misma?” Si dicen que hay menos: “¿Quién la ha sacado, esta materia? ¿Dónde está, ahora?”.

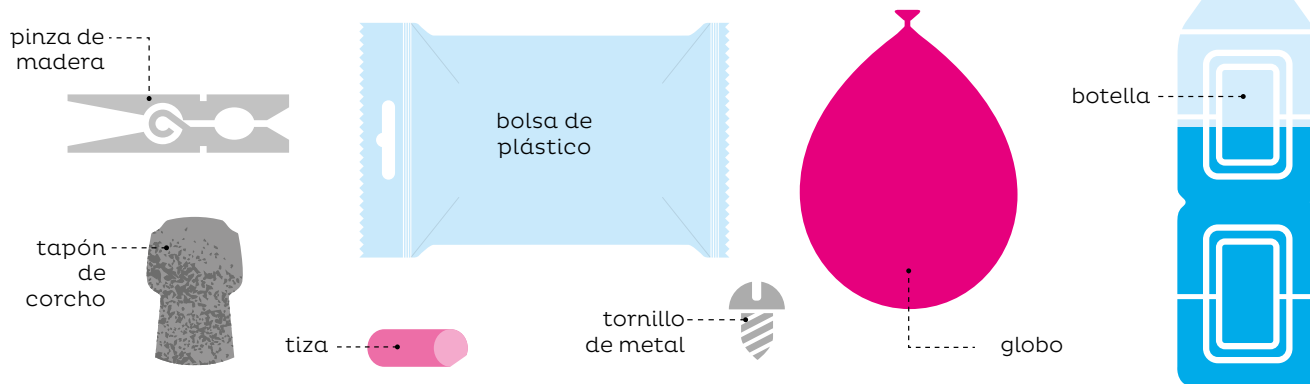
Para aportar nuevos argumentos en relación con la conservación de la masa en los cambios de estado, también se puede proponer a los alumnos que lleven a cabo un “experimento pensado” que, si conviene, se podría hacer en el aula. Se trataría de proponerles que pensarán: “¿Qué pasará si el agua obtenida la ponemos en el congelador? ¿El cubito que obtendremos pesará más o menos que el agua?” (figura 13). Si los alumnos mantienen un modelo coherente de no conservación, tendrían que considerar que el cubito tendría que pesar más. Aunque esta experiencia no se llegue a llevar a cabo, debatir sobre este hecho puede ayudar a movilizar las ideas iniciales de los alumnos.

Figura 13. Cuando se deshace el cubito dentro de la bolsa cerrada, podemos ver que el peso no cambia



Experimento 6

OBSERVAMOS SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y GASES



Material para un grupo de cuatro personas:

3 o 4 objetos sólidos, preferiblemente hechos de un único tipo de material (tapones de corcho, tornillos de metal, trocitos de madera, trocitos de porspán, tizas, platos de cerámica, etcétera), algunos líquidos (agua, aceite, alcohol...), 1 globo, 1 bolsa de plástico, 1 balanza, 1 tijeras, 1 mano de mortero y 3 o 4 recipientes de tamaños y formas diferentes.

Descripción del experimento

1. Repartimos los objetos sólidos, líquidos y gases (globo o bolsas de plástico para poder llenarlas de aire e investigar sobre los gases) entre los alumnos.
2. Indicamos a los alumnos que exploren libremente los materiales y que recojan por escrito las observaciones que vayan realizando sobre sus propiedades. Por eso, ponemos al alcance de los alumnos algunos utensilios que los puedan ayudar en la investigación planteada: balanzas, tijeras, manos de mortero, recipientes variados para hacer trasvases.
3. Ponemos en común las observaciones.

Consejos de seguridad: recomendamos a los alumnos que pongan los objetos dentro de una bolsa de plástico gruesa cerrada antes de picarlos con la mano de mortero, o bien que usen unas gafas de protección. Además, debemos tener un cuidado especial en la manipulación del alcohol.

Ideas para trabajar

Las ideas científicas

Idea clave 4: Cada estado de la materia tiene unas propiedades que caracterizan aquel estado y lo diferencian de los otros.

Las ideas de los niños y niñas

La dificultad en relación con esta actividad no radica tanto en identificar las propiedades de los diferentes estados, como en comprender que lo que buscamos son propiedades que comparten todos los sólidos (o una gran mayoría), todos los líquidos (o una gran mayoría) y todos los gases (o una gran mayoría). Por ejemplo, los sólidos suelen ser rígidos y consistentes, pero algunos, como la plastilina, no tienen estas propiedades; sin em-

bargo, la plastilina se considera un sólido.

Hay que tener presente que, en las teorías iniciales sobre la materia, las niñas y niños no usan los términos sólido, líquido y gas igual que en los modelos científicos. Así, por ejemplo, los niños no siempre consideran que los agregados (polvo, arena, granos de arroz) estén dentro de la categoría de los sólidos. Igualmente, no conocen lo bastante bien los gases ni sus propiedades.

La explicación científica

Las características principales de los sólidos que queremos destacar son la resistencia, la dificultad para ser rotos y el hecho de que no se pueden comprimir y que mantienen una forma fija. De los líquidos queremos destacar su facilidad para romperse, que no se pueden comprimir y que no poseen una forma fija, de modo que adoptan la forma del recipiente que los contiene (excepto cuando tenemos una cantidad muy pequeña de líquido). Las características principales de los gases a destacar son que se pueden comprimir y expandir, no tienen una forma fija y tienden a ocupar todo el espacio disponible.

Orientaciones didácticas

Orientaciones para guiar la observación

Aunque la observación se plantea con un amplio margen de libertad, puede ser que los alumnos no sepan por dónde empezar o que hagan observaciones más centradas en comparar materiales (sobre todo los sólidos entre ellos) o que realicen observaciones muy superficiales. Para orientar la investigación, podemos plantear tres preguntas: “¿Qué propiedades tienen los sólidos? ¿Qué propiedades tienen los líquidos? ¿Qué propiedades tienen los gases?” y subrayar que lo que buscamos son propiedades generales y comunes a todos los sólidos, a todos los líquidos o a todos los gases y no las propiedades de cada material en concreto.

Por eso, puede ser útil que la maestra o el maestro pase de grupo en grupo estimulando algunas observaciones y ayudándolos a centrar la atención. El maestro tiene que ser consciente de que, aunque se pueden observar muchas otras propiedades, nos interesa que en la lista de propiedades de los sólidos aparezca que son duros (mantienen la cohesión y no fluyen), que tienen una forma fija y que no se pueden comprimir. Podemos ayudar a los alumnos preguntándoles si los sólidos son más o menos duros que los líquidos; les podemos hacer

ver que tienen una forma fija, aunque los cambiemos de lugar, preguntándoles si cambiará de forma la tiza si la ponemos dentro del vaso o si la dejamos encima de una bandeja; podemos hacer que se den cuenta de que los sólidos los podemos coger, preguntándoles si pueden coger fácilmente la tiza y los otros sólidos con las manos, y si ocurre lo mismo con el agua u otros líquidos.

En la lista de propiedades de los líquidos tiene que aparecer que no mantienen la forma, que sí que mantienen la cohesión, que fluyen y que no se pueden comprimir. Podemos ayudar a los alumnos a observar que los líquidos se “rompen” mucho más fácilmente que los sólidos, preguntándoles si pueden romper el agua en dos trozos pasando el dedo y si podríamos hacer lo mismo con un sólido; a observar que no tienen una forma fija, preguntándoles si el agua cambia de forma cuando la pasamos del vaso pequeño a la botella, o si la ponemos en el plato; y a observar que fluyen, preguntándoles qué pasa con el agua cuando la quieren coger, si pueden hacerlo o se les filtra entre los dedos, cómo se mueve el agua cuando la tiran encima de un plato y lo mueven, si se mueve igual que cuando encima del plato ponen una tiza u otro sólido.

Finalmente, en la lista de propiedades de los gases tiene que aparecer que no mantienen la forma, que tienden a ocupar todo el espacio disponible y que se pueden comprimir y expandir. En este caso, podemos ayudarles a ver que se pueden comprimir, preguntándoles si podemos hacer que el aire de dentro del globo, o de dentro de la bolsa, ocupe menos espacio, y si esto lo podríamos hacer con una tiza o con un trozo de madera; y observar que se pueden expandir, preguntándoles qué hace el globo cuando dejamos de hacer presión con las manos.

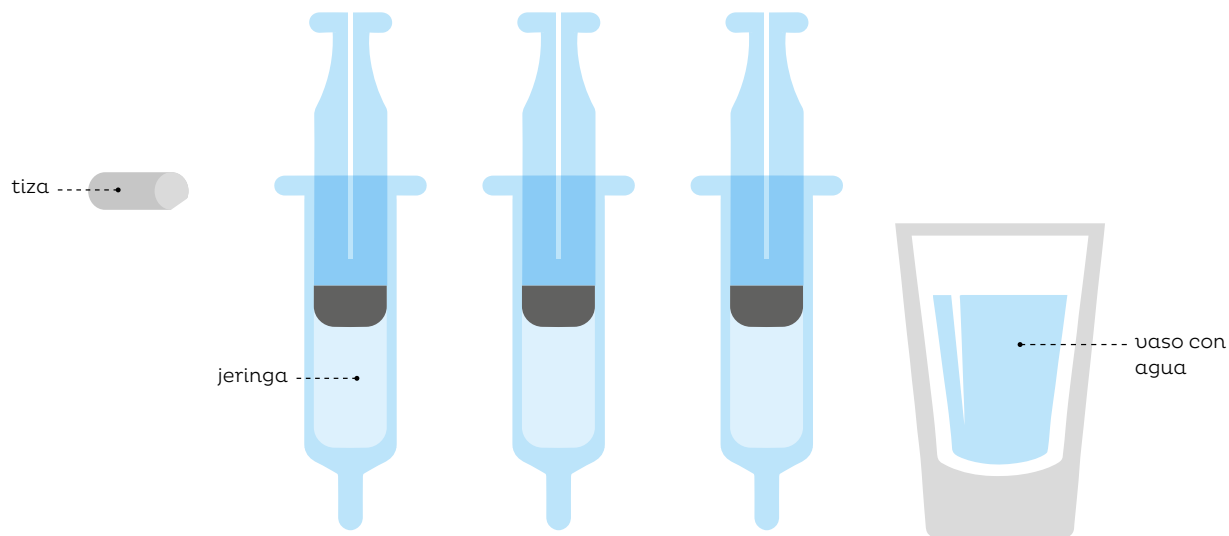
En la puesta en común se puede recoger toda la información en una tabla con el encabezamiento siguiente: los sólidos se caracterizan por...; los líquidos se caracterizan por...; los gases se caracterizan por...

Orientacions per guiar l'explicació

Esta actividad propone describir una realidad y no explicarla; por lo tanto, la intervención de las maestras y maestros se debe dirigir más a establecer las propiedades básicas de sólidos, líquidos y gases que hemos citado anteriormente, y no a quererlas explicar. En cualquier caso, esta actividad, complementada con la siguiente, puede servir para introducir el modelo de partículas y para empezar a imaginarse cómo está formada la materia por dentro.

Experimento 7

LAS JERINGAS



Material para un grupo de cuatro personas:

3 jeringas, un vaso con agua, un trozo de tiza.

Descripción del experimento

1. Escribimos en la pizarra las tres preguntas que nos planteamos: “¿Cómo me imagino que es un sólido por dentro? ¿Cómo me imagino que es un líquido por dentro? ¿Cómo me imagino que es un gas por dentro?”.

2. Repartimos el material a cada grupo.

3. Pedimos a los alumnos y alumnas que llenen una jeringa con agua procurando que no quede ninguna burbujita de aire y les recordemos que el agua es un líquido; pedimos que pongan un trozo de tiza dentro de la segunda jeringa y les recordamos que es un sólido. Finalmente, les pedimos que llenen la tercera jeringa con aire y les recordemos que el aire es un gas.

4. Indicamos a los alumnos que con un dedo tapen la salida de la jeringa y que con la otra mano aprieten el émbolo tanto como puedan. Deben asegurarse de que cuando aprieten la jeringa con el sólido (tiza), el émbolo está tocando la tiza.

5. Les solicitamos que observen qué ocurre, hablen entre los miembros del grupo y anoten sus observaciones.

6. Pedimos a los alumnos que a partir de lo que han observado respondan las tres preguntas iniciales: “¿Cómo me imagino que es un sólido (tiza) por dentro? ¿Cómo me imagino que es un líquido (agua) por dentro? ¿Cómo me imagino que es un gas (aire) por dentro?”.

Ideas para trabajar

Las ideas científicas

Idea clave 4: Cada estado de la materia tiene unas propiedades que caracterizan aquel estado y lo diferencian de los otros.

Idea clave 5: La materia está hecha de partículas que están ligadas más o menos fuertemente entre ellas.

Las ideas de los niños y niñas

En los modelos mentales de los niños y niñas sobre la materia, la idea de que esta tenga una naturaleza particulada, es decir, que esté formada por múltiples partículas minúsculas, no tiene cabida. Las niñas y niños conciben la materia como continua y, en la mayoría de los casos, no se plantean de forma espontánea la pregunta de cómo está hecha la materia por dentro.

Por ello la idea de que la materia está hecha de partículas más o menos unidas entre ellas es una idea que tienen que introducir los maestros y maestras, porque difícilmente aparecerá de manera natural en clase y los alumnos no la pueden construir a partir de la observación cotidiana.

Con respecto a cómo los niños y niñas se imaginan la disposición de las partículas, suelen aparecer tres tipos de representaciones (figura 14).

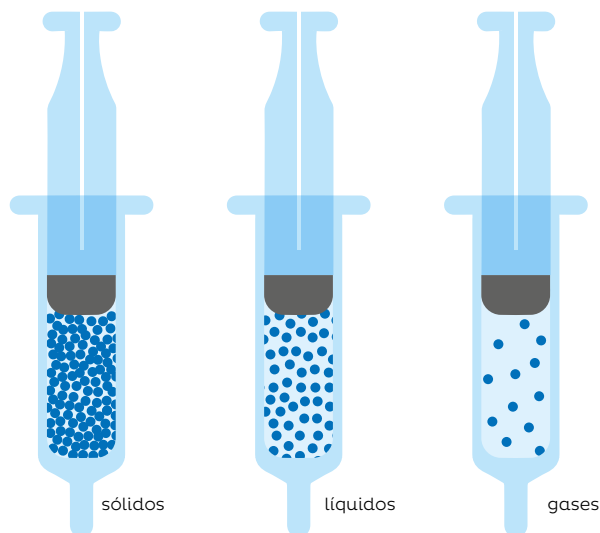
En el caso de los sólidos, suelen dibujar las partículas muy próximas las unas a las otras y normalmente no indican la presencia de vínculos entre ellas (figura 14). En el caso de los gases (figura 14), suelen dibujar las partículas muy separadas entre ellas, aisladas las unas de las otras y, a veces, unidas por una especie de miga o chicle que permite explicar que los gases se puedan comprimir y expandir. Para los líquidos (figura 14), habitualmente dibujan una situación intermedia.

La explicación científica

En esta experiencia usamos el término “partícula” para referirnos al constituyente básico que conforma cualquier sustancia o material. De entrada, no hay que asociarlas con conceptos como átomo o molécula, que habría que dejar para la ESO.

En relación con los modelos de sólido, líquido y gas, los podemos imaginar tal como se muestran en la figura 14. En estas representaciones, tanto nos fijamos en la disposición de las partículas en el espacio, sobre todo

Figura 14. Representación inicial del modelo de partículas más habitual cuando pedimos que dibujen como se imaginan un sólido, un líquido y un gas

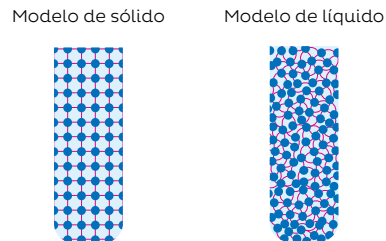


la proximidad relativa entre unas y otras, como en la presencia de vínculos fuertes o débiles entre ellas.

Así, por ejemplo, lo importante del modelo que representa a los sólidos es que las partículas estén muy próximas y que estén fuertemente unidas entre ellas (figura 15). Esta disposición explica que los sólidos no se pueden comprimir, que son duros y que tienen una forma fija.

En el caso de los líquidos (figura 15), las partículas también las debemos imaginar muy próximas entre ellas, porque, como los sólidos, no se pueden comprimir, pero los vínculos entre partículas son más débiles, de modo

Figura 15. Representación de un sólido y un líquido después de comprobar que tanto los sólidos como los líquidos son incompresibles y de introducir la idea de vínculo



que nos podemos imaginar que unas se mueven en relación con las otras, lo que permite explicar que los líquidos son muy fáciles de romper y que fluyen.

En el caso de los gases, las partículas las tenemos que imaginar muy separadas entre ellas, lo que explicaría que los gases se puedan comprimir porque en medio hay el vacío, y que están en movimiento, lo que permite justificar que se expandan y tiendan a ocupar el máximo espacio disponible.

Orientaciones didácticas

Orientaciones para guiar la observación

Durante la observación, es importante que las maestras y maestros ayuden a los alumnos a concretar cuáles son las propiedades que observan en los sólidos, líquidos y gases que hay dentro de las jeringas. Es esencial acordar las propiedades básicas que hemos mencionado en sólidos, líquidos y gases, porque basándonos en estas propiedades validaremos los modelos que los niños y niñas propongan con relación a cómo son por dentro.

En el caso de los sólidos (tiza), nos interesa establecer que no los podemos comprimir cuando los ponemos dentro de la jeringa. En el caso de los líquidos, nos interesa acordar con los alumnos que tampoco se pueden comprimir, por esto es tan importante que no haya ni una burbuja de aire dentro de la jeringa cuando aprieten el émbolo con agua. Tal como habremos hecho con los sólidos, es interesante recordar las propiedades que comparten los líquidos y que ya se hayan establecido en actividades anteriores (experimento 5).

Orientaciones para guiar la explicación

Podemos pedir que primero dibujen cómo se imaginan que sería la tiza, el agua y el aire si los pudiéramos mirar con una lupa o un microscopio muy muy potentes. Probablemente, muchos dibujos estarán condicionados por la idea de que la materia es continua.

Como hemos comentado, difícilmente los niños y niñas dibujarán la materia de forma discontinua. Para introducir esta forma de pensar, podemos explicar que los científicos ya hace tiempo que imaginaron que la materia por dentro estaba hecha por miles de millones de partículas tan pequeñas que no se pueden ver. Estas partículas las podemos imaginar como bolas rígidas (por ejemplo, bolas de billar), que no se pueden deformar ni dividir.

Advertimos que en el dibujo deben tener en cuenta la idea de partícula que se ha comentado y que, para que sea científico, es necesario que el dibujo sea coherente con las observaciones que han realizado y con las propiedades que han establecido para los sólidos, líquidos y gases. Si las alumnas y alumnos tienen dificultades para empezar la tarea propuesta, podemos ayudarlos con algunas de las preguntas siguientes: “¿Cómo piensas que deben estar dispuestas las partículas en la tiza? ¿Y en el agua? ¿Y en el aire? ¿Te parece que están unidas entre ellas? ¿Puede ser que haya vínculos entre ellas? ¿Deben ser fuertes? ¿Deben ser débiles? ¿Qué te lo hace pensar?”.

Podemos sugerir a los alumnos que acompañen los dibujos con un texto breve que los justifique y que tenga en cuenta las evidencias disponibles. Un ejemplo de estructura de texto puede ser: Me imagino que [la tiza, el agua, el aire] es..., porque hemos observado que...

Es aconsejable que los maestros y maestras vayan recordando que los dibujos que han hecho son modelos, y que los modelos no son la realidad, sino que los utilizamos para representar cómo nos imaginamos que es una cosa. Los modelos siempre tienen la función de ayudar a pensar.

Los dibujos que realizan los niños nos deben servir para ver cuál es su primera representación del modelo de partículas. En caso de que no estemos seguros del significado de los elementos que aparecen en los dibujos, es importante pedir que nos lo aclaren, de forma que podamos entender lo mejor posible qué están representando. Así pues, no tenemos que dudar en preguntarles: “¿Qué representas aquí? ¿Qué quiere decir (esta línea, este material, este dibujo, esta flecha)? ¿Por qué lo representas así? ¿Has pensado cómo podrías representar los vínculos entre las partículas de la tiza? ¿Los puedes representar igual que en el caso de las partículas del agua o del aire? ¿Qué podrías hacer para que se viera que...? ¿Tienes alguna otra idea para representar...?”.

Es importante analizar si un aspecto no se representa por falta de destreza, por dificultades en encontrar un símbolo lo bastante adecuado o bien porque hay aspectos importantes del modelo científico que se pasan por alto, que se entienden de una manera peculiar, etcétera. En este momento, nuestro cometido es, simplemente, ayudarlos a plasmar en su dibujo las ideas que tienen sobre cómo son la tiza, el agua y el aire por dentro, sin menospreciar ninguna aportación.

En muchos casos es probable que las propuestas que hacen los alumnos y alumnas sobre la disposición de las partículas no tengan en cuenta la presencia de vínculos (enlaces) entre ellas. Por esto, es importante que los ayudemos a pensar en este aspecto.

Aunque disponemos de poca investigación en este sentido, sí que sabemos que es bastante habitual que las niñas y niños imaginan los líquidos como una situación intermedia entre sólidos y gases (figura 14).

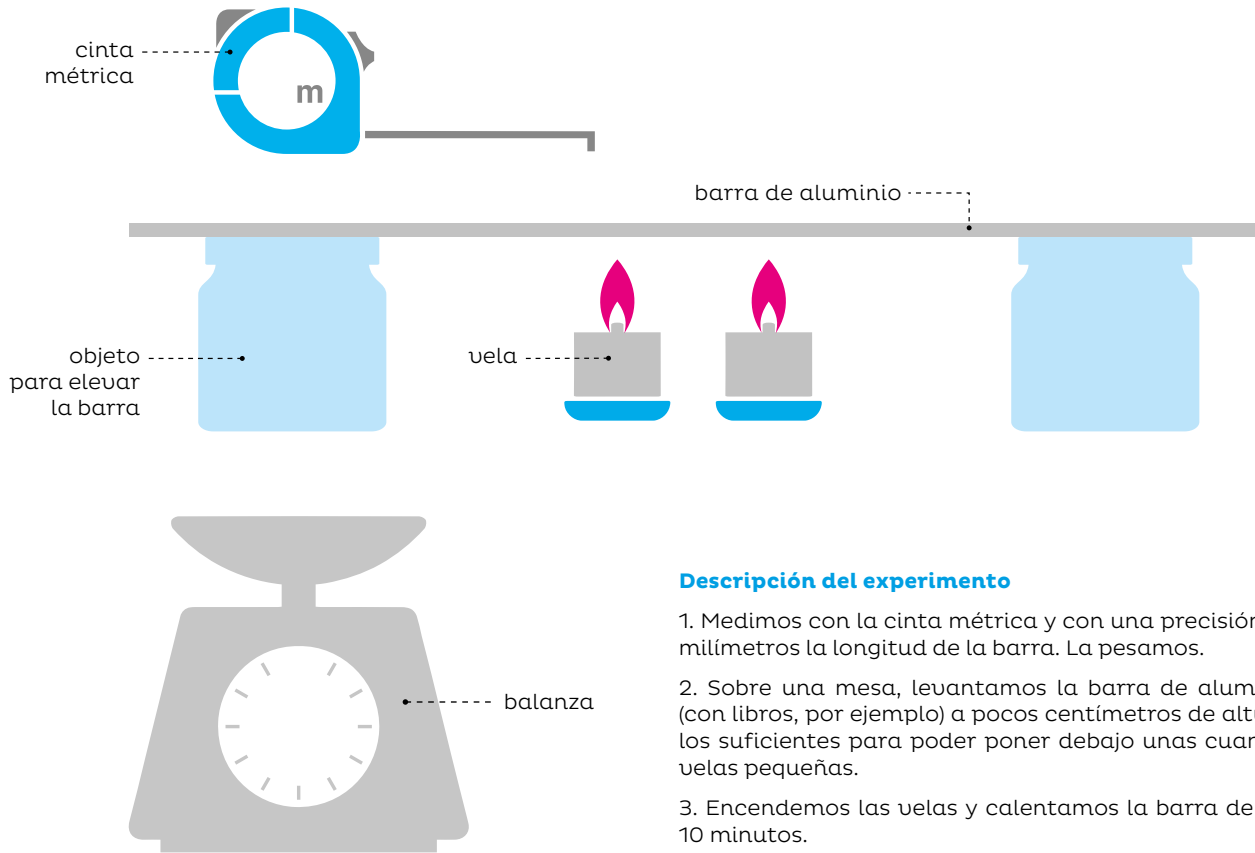
Por este motivo dibujan las partículas un poco separadas entre ellas. Se puede discutir esta representación, si se presenta, con preguntas como: “¿Si las partículas estuvieran así, no tendríamos que poder comprimir el agua? Cuando habéis experimentado con la jeringa, ¿habéis podido comprimir el agua?” Esto suele conducir a proponer modelos alternativos en que las partículas están muy juntas, de modo que aparece un nuevo problema, que es la similitud entre la representación de los sólidos y la de los líquidos. Esta idea se puede discutir diciendo: “¿Este dibujo que representa a los líquidos te parece muy similar al que representa a los sólidos? ¿Tienen las mismas propiedades, unos y otros? ¿Qué tendríamos que cambiar del dibujo del líquido para que se vean más claramente las diferencias con un sólido?”. Tal como ya se ha mencionado, el maestro o maestra debe tener claro que la diferencia fundamental entre la representación de los sólidos y la de los líquidos radica en la fortaleza de los vínculos entre sus partículas, y no en la proximidad relativa entre ellas, tal como se puede observar en la figura 15.

En el caso de los gases, las representaciones de los niños y niñas suelen ser bastante coherentes con las propiedades observadas. A menudo, las niñas y niños imaginan vínculos entre partículas, que piensan que son como migas o como chicle. Aunque estrictamente hablando no existen vínculos entre las partículas de un gas, podemos dar estos modelos por buenos, porque son coherentes con la evidencia (expansión y compresión de los gases) y, recordemos, esto es lo que cuenta a la hora de validar un modelo u otro en la ciencia escolar. También puede pasar que, simplemente, dibujen las partículas muy separadas. Esta representación explica bien la compresión de los gases, pero no explica bien su expansión, por esto los podemos recordar las observaciones hechas: “¿Recordáis qué ocurría con el aire de la jeringa cuando dejábamos de apretar

el émbolo?” (vuelve a la posición inicial; por lo tanto, se expande). Después, podemos ayudarlos a vincular esta evidencia con el modelo dibujado: “¿El hecho de que los gases se expandan, se explica bien en este dibujo? ¿Cómo podríamos indicar que el gas vuelve a ocupar el espacio inicial cuando ya no lo comprimimos más?” Una solución que se puede proponer es que las partículas se mueven y esto se puede indicar poniendo una flecha al lado de cada partícula.

Experimento 8

DILATACIÓN DE LOS SÓLIDOS



Material para un grupo de cuatro personas:

1 barra de aluminio de un metro de longitud o 1 alambre (preferiblemente de cobre) tan largo y recto como sea posible, regla o cinta métrica, algunas velas, algunos objetos que sirvan para elevar la barra, manoplas de horno, balanza de cocina.

Descripción del experimento

1. Medimos con la cinta métrica y con una precisión de milímetros la longitud de la barra. La pesamos.
2. Sobre una mesa, levantamos la barra de aluminio (con libros, por ejemplo) a pocos centímetros de altura, los suficientes para poder poner debajo unas cuantas velas pequeñas.
3. Encendemos las velas y calentamos la barra de 5 a 10 minutos.
4. Una vez calentada la barra, la cogemos con las manoplas para no quemarnos, volvemos a medirla y pesarla.
5. Dejamos enfriar la barra, volvemos a medirla y pesarla.
6. Registramos todos los datos en una tabla para analizar las diferencias de longitud y peso de la barra antes y después de calentarla.

Ideas para trabajar

Las ideas científicas

Idea clave 3: La cantidad de materia se conserva en los cambios físicos.

Idea clave 4: Cada estado de la materia tiene unas propiedades que caracterizan aquel estado y lo diferencian de los otros.

Idea clave 5: La materia está hecha de partículas que están ligadas más o menos fuertemente entre ellas.

Idea clave 6: El calor hace que las partículas se agiten más intensamente y provoca su dilatación y cambio de estado.

Las ideas de los niños y niñas

A menudo, las niñas y niños explican este hecho diciendo que la barra aumenta de longitud porque las partículas que la forman se hacen mayores debido al calor. Se entiende fácilmente cómo construyen esta idea: seguramente algunos alumnos ya saben que hay objetos que se dilatan con el calor y, por lo tanto, razonan que, si los objetos se dilatan con el calor, las partículas de la barra también se deben dilatar con el calor y, por lo tanto, la barra se hace más larga.

Esta forma de pensar de los niños y niñas se debe a que cuando empiezan a razonar utilizando el modelo de partículas atribuyen a las partículas las mismas propiedades que han observado en los objetos macroscópicos.

La explicación científica

Al aumentar la temperatura crece la agitación térmica de las partículas que forman el sólido. Una agitación térmica más elevada de todas las partículas incrementa la distancia media entre ellas y, dado que esto ocurre a lo largo de toda la barra, esta aumenta de tamaño. Se debe entender que aumenta la longitud, pero también la anchura y el grosor. El incremento en las dimensiones del sólido es tanto mayor cuantas más partículas haya alineadas, ya que cada una de las partículas contribuye con una cierta cantidad a la dilatación. Por este motivo observamos más la dilatación en longitud que en grosor o en anchura.

Por lo tanto, la explicación científica está relacionada con el movimiento relativo entre las partículas de la

barra y no con el aumento de volumen de cada partícula, que es como la mayoría de los niños y niñas explica el fenómeno de la dilatación de los sólidos.

Orientaciones didácticas

Orientaciones para guiar la observación

Para guiar la observación es importante saber que el cambio de tamaño de la barra (dilatación) será muy pequeño, aproximadamente entre 1 o 2 mm para una barra de aluminio de aproximadamente 1 metro de longitud. Por lo tanto, tenemos que ser muy precisos en la medida. Como se trata de un aumento tan pequeño de longitud, a veces los niños y niñas dicen que no ha cambiado, porque piensan que un milímetro es muy poco.

También es importante observar que cuando dejamos enfriar la barra, esta vuelve a tener la longitud inicial. Dado que este enfriamiento es lento, podemos forzarlo vertiendo un poco de agua a temperatura ambiente en la barra. Es interesante que entiendan que el aumento de tamaño no lo provoca un aumento de masa. Por este motivo en el experimento pesamos la barra antes y después de calentarla, para descartar esta opción.

Orientaciones para guiar la explicación

Para entender bien esta experiencia es necesario que relacionemos las explicaciones con el modelo de partículas, que tendríamos que haber trabajado previamente. En este caso, recomendamos utilizar una representación del modelo de partículas hecha con plastilina, en vez de los dibujos que hemos utilizado en la actividad de las jeringas (experimento 7).

Podemos imaginarnos que la barra de aluminio está hecha de pequeñas partículas, que representaremos

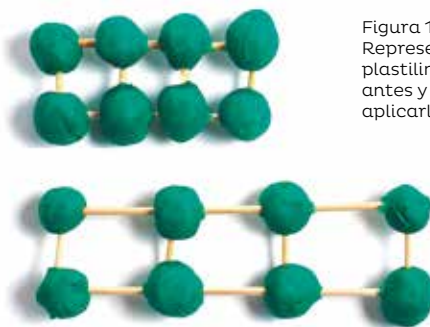


Figura 16.
Representación con
plastilina de un sólido
antes y después de
aplicarle calor

con bolitas de plastilina. Para simular el vínculo rígido entre partículas, podemos proponer varios materiales, como por ejemplo: palillos o cañas (figura 16).

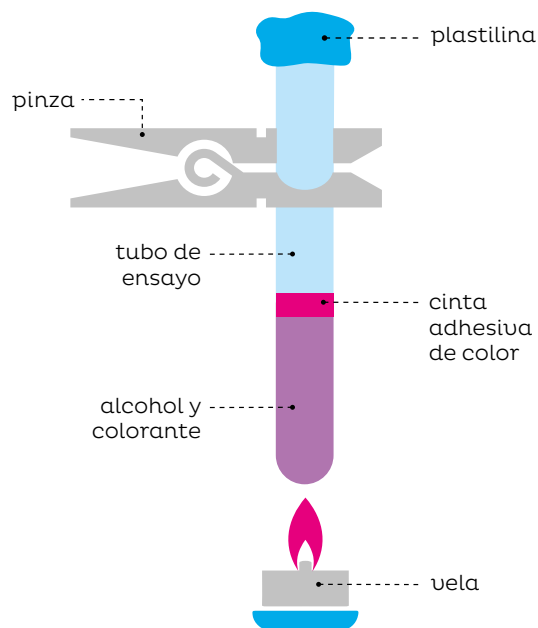
Una vez que tengamos la representación de la barra de aluminio hecha con plastilina y hayamos comprobado el aumento de longitud, preguntamos: “¿Cómo es que la barra de aluminio ha aumentado de longitud?”. Si se quiere, se puede utilizar el término “dilatar” como sinónimo de aumento de longitud. Debemos procurar que los niños y niñas utilicen la representación de plastilina como apoyo de su razonamiento y que nos enseñen qué cambios se producen en las partículas que, según ellos, explicarían el cambio de longitud de la barra.

Como hemos comentado, algunas niñas y niños piensan que la dilatación es causada por un aumento del tamaño de las partículas, de manera que en la representación del cambio hacen las partículas más grandes, añadiendo plastilina. Para evaluar si esta idea es coherente con lo que se ha observado, debemos hacer que se den cuenta de que si añaden más plastilina, el peso de la barra aumentaría (porque añadimos materia); en cambio, experimentalmente, el peso de la barra de aluminio no cambia.

No es tan habitual, pero podría ser que otros niños y niñas representaran el aumento de longitud separando las partículas, tal como se puede ver en la figura 16. Este modelo es el más coherente con las evidencias obtenidas a través del experimento, porque explica que la barra se alargue, sin cambiar su masa. Sin embargo, podemos hacer notar que los científicos piensan que en realidad las partículas se separan entre ellas debido a un movimiento en vaivén en torno a una misma posición.

Experimento 9

DILATACIÓN DE LOS LÍQUIDOS



Material para un grupo de cuatro personas:

1 tubo de ensayo con alcohol, colorante alimentario, 1 bola de plastilina, cinta adhesiva de color, 1 vela, 1 pinza de la ropa, 1 vaso y 1 balanza de cocina.

Experimento

1. Teñimos el alcohol con colorante alimentario.
2. Cogemos un tubo de ensayo y ponemos alcohol más o menos hasta la mitad. Manteniendo el tubo muy vertical, pegamos un trozo de cinta adhesiva que lo rodee, de modo que el borde superior coincida con el nivel del líquido.
3. Tapamos el tubo de ensayo herméticamente con una bola de plastilina.
4. Cogemos el tubo de ensayo con la pinza de la ropa.

5. Pesamos el tubo de ensayo con el alcohol teñido, la bola de plastilina y la pinza de la ropa, y lo ponemos dentro de un vaso que tenemos preparado encima de una balanza.

6. Calentamos el tubo de ensayo encima de la llama de una vela y lo aguantamos con la pinza de la ropa para evitar posibles quemaduras.

7. Observamos que el nivel del alcohol ha subido unos milímetros por encima de la cinta adhesiva.

8. Antes de que se enfríe, lo volvemos a pesar como en el punto 5 para constatar que el peso no ha cambiado

Ideas para trabajar

Las ideas científicas

Idea clave 3: La cantidad de materia se conserva en los cambios físicos.

Idea clave 4: Cada estado de la materia tiene unas propiedades que caracterizan aquel estado y lo diferencian de los otros.

Idea clave 5: La materia está hecha de partículas que están ligadas más o menos fuertemente entre ellas.

Idea clave 6: El calor hace que las partículas se agiten más intensamente y provoca su dilatación y cambio de estado

Las ideas de los niños y niñas

A menudo las niñas y niños explican este fenómeno diciendo que el nivel de alcohol aumenta, porque las partículas que lo forman se hacen mayores a causa del calor. Se entiende fácilmente cómo construyen esta idea: seguramente algunos alumnos ya saben que hay objetos que se dilatan con el calor y, por lo tanto, razonan que, si los objetos se dilatan con el calor, las partículas de alcohol también se deben dilatar con el calor y, por lo tanto, el nivel de alcohol sube.

Esta forma de pensar de los niños y niñas se debe, en el fono, a que cuando empiezan a razonar utilizando

el modelo de partículas atribuyen a las partículas las mismas propiedades que han observado en los objetos macroscópicos.

La explicación científica

Al aumentar la temperatura crece la agitación térmica de las partículas que forman el líquido. Una agitación térmica mayor de las partículas incrementa la distancia media entre ellas y, al ocurrir esto en todo el líquido, este aumenta de volumen y, por lo tanto, observamos que el nivel del líquido ha subido.

Orientaciones didácticas

Orientaciones para guiar la observación

Durante la observación, podemos mostrarles que el nivel de alcohol aumenta cuando recibe calor y hacer que lo comparen antes y después de calentarlo. Para ello, podemos preguntar: “¿Qué ha ocurrido con el alcohol cuando lo hemos calentado? ¿Hasta dónde llegaba el alcohol al principio? ¿Hasta dónde llega ahora?”. Debemos recordar a los alumnos que para observar bien el nivel del líquido tienen que poner la vista a la altura del nivel del alcohol y han de procurar que el tubo esté siempre lo más vertical posible.

Si queremos mostrar que hay líquidos que se dilatan menos que otros, podemos repetir la experiencia con agua y veremos que no se observa un aumento del nivel del líquido (dilatación), que, en cambio, es muy visible en el alcohol. Con otros líquidos, como el mercurio, el aumento todavía es más visible. Por este motivo, el mercurio se utilizaba para hacer termómetros.

A diferencia del experimento 8, en el que teníamos la medida del aumento de longitud del sólido y la medida del peso, en este caso solo disponemos de la medida del peso como dato cuantitativo. Es igualmente importante que en la puesta en común de las observaciones realizadas establezcamos el hecho de que ha aumentado el nivel de alcohol, pero que el peso no ha cambiado.

Orientaciones para guiar la explicación

Para entender bien la dilatación del líquido, es necesario que relacionemos las explicaciones con el modelo de partículas, que tendríamos que haber trabajado previamente.

Como en el estudio de la dilatación de los sólidos (experimento 8), una forma de ayudarlos a construir una

explicación del aumento de volumen es realizando un modelo del líquido a través de una representación con plastilina. En este caso, para simular el vínculo más flexible entre las partículas de un líquido, podemos proponer varios materiales, como por ejemplo gomas elásticas o hilo de lana (figura 17).

Una vez que tengamos la representación del alcohol hecha con plastilina y hayamos comprobado el aumento de nivel al calentarlo, preguntamos: “¿Cómo es que el nivel de alcohol ha aumentado cuando lo hemos calentado?”. Si se quiere, se puede utilizar el término “dilatarse” como sinónimo de aumento de nivel. Debemos procurar que los niños y niñas utilicen la representación de plastilina como apoyo de su razonamiento y que nos enseñen qué cambios se producen en las partículas que, según ellos, explicarían el cambio de nivel del alcohol.

Como hemos comentado, algunos niños y niñas piensan que la dilatación es causada por un aumento del tamaño de las partículas, de manera que para representar el cambio de nivel del alcohol lo explican haciendo las partículas más grandes, añadiendo plastilina. Para evaluar si esta idea es coherente con lo que se ha observado, debemos hacer que se den cuenta que si



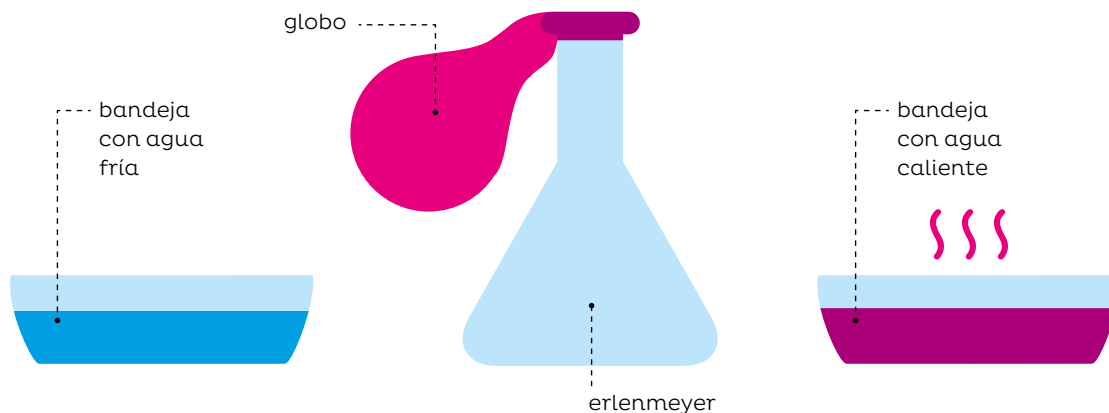
Figura 17.
Representación con plastilina de un líquido antes y después de aplicarle calor

añaden más plastilina, el peso del tubo de ensayo con el alcohol debería aumentar (porque añadimos más materia); en cambio, experimentalmente, hemos comprobado que el peso es exactamente el mismo.

Como en el caso de los sólidos, no es muy habitual, pero podría ser que otros niños y niñas representaran el aumento de nivel separando las partículas, tal como se puede ver en la figura 17. Este modelo es el más coherente con las evidencias obtenidas a través del experimento, porque explica que el nivel del alcohol suba sin que la masa cambie. Sin embargo, podemos hacer notar que los científicos piensan que en realidad las partículas se separan entre ellas debido a un movimiento en vaivén en torno a una misma posición.

Experimento 10

DILATACIÓN DE LOS GASES



Material para un grupo de cuatro personas:

1 erlenmeyer o 1 botella de 33 cl, 1 globo, 1 hornillo eléctrico, 1 cazo, agua y 2 bandejas hondas (de unos 30 x 15 cm).

Descripción del experimento

1. Acoplamos el globo completamente desinflado a la abertura del erlenmeyer o de la botella.
2. Calentamos agua con el cazo hasta que llegue casi al punto de ebullición. Llenamos una bandeja con el agua caliente y la otra con agua a temperatura ambiente.
3. Colocamos el erlenmeyer con el globo dentro del agua caliente.
4. Pesamos el erlenmeyer y el globo.
5. Observamos que el globo se hincha.
6. Lo sacamos del agua caliente y lo colocamos en agua fría para observar que se desinfla.

7. Volvemos a pesar el erlenmeyer y el globo y anotamos el peso antes y después de calentar el erlenmeyer.

Ideas para trabajar

Las ideas científicas

Idea clave 3: La cantidad de materia se conserva en los cambios físicos.

Idea clave 4: Cada estado de la materia tiene unas propiedades que caracterizan aquel estado y lo diferencian de los otros.

Idea clave 5: La materia está hecha de partículas que están ligadas más o menos fuertemente entre ellas.

Idea clave 6: El calor hace que las partículas se agiten más intensamente y provoca su dilatación y cambio de estado.

Las ideas de los niños y niñas

Como ocurre siempre que experimentamos con aire o

gases que no se pueden ver, una primera dificultad será comprender que dentro del erlenmeyer y el globo hay aire. Además, los niños y niñas suelen explicar este experimento diciendo que el aire caliente sube, porque en la vida cotidiana han oído que el aire, cuando se calienta, sube..

La explicación científica

El calor suministrado al aire de dentro del erlenmeyer y el globo hace aumentar la agitación térmica (la temperatura) de las partículas que forman el gas. Esta agitación térmica, por una parte, incrementa la distancia media entre estas partículas y esto comporta que el aire aumente de volumen (se dilate); por otra parte, también implica que las partículas de aire se muevan cada vez más rápidamente y que choquen mucho más entre ellas y con las paredes del erlenmeyer y del globo. Como las paredes del globo son elásticas, estos choques de las partículas se traducen en el hinchamiento del globo que observamos a simple vista.

Orientaciones didácticas

Orientaciones para guiar la observación

Durante el experimento, aparte de observar como el globo se hincha, podemos hacer que los niños toquen el globo con los dedos y comprueben cómo la presión de aire de dentro del globo es mayor. También es importante que constaten que el aire no puede entrar ni salir del erlenmeyer y que, de ese modo, todo el fenómeno se puede explicar a partir del aire que hay dentro del erlenmeyer.

Orientaciones para guiar la explicación

Para entender bien esta experiencia es necesario que relacionemos las explicaciones con el modelo de partículas, que tendríamos que haber trabajado previamente.

En primer lugar, podemos pedir que pinten el aire que hay dentro del erlenmeyer y el globo, antes y después de calentarlo. Así, haremos que los niños y niñas sean conscientes de que dentro del erlenmeyer y del globo hay aire.

A continuación, podemos construir una representación, imaginando que el aire son bolitas de plastilina y el globo un trozo de cordel. Les podemos pedir que, utilizando el modelo, nos expliquen por qué el globo se

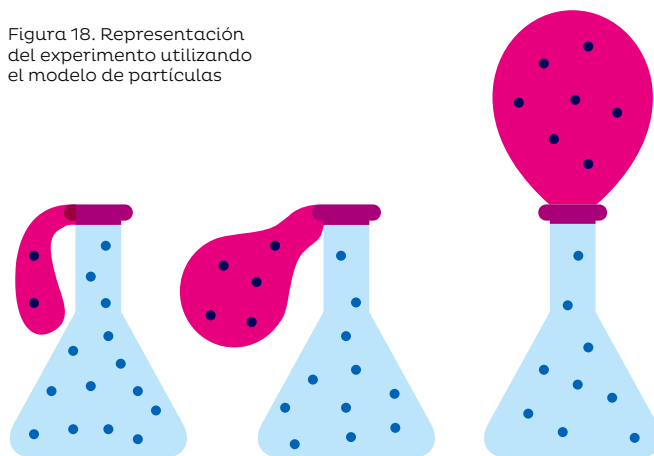
ha hinchado cuando hemos calentado el erlenmeyer. Debemos procurar guiarlos, para que representen este globo inflado a partir de la separación de las partículas. Las partículas de aire ocupan más espacio debido al calor y, por lo tanto, empujan las paredes del globo hasta que se hincha (figura 18).

Como hemos comentado, al intentar construir esta explicación podría ser que las niñas y niños propusieran explicaciones alternativas, que tendremos que reconducir a partir de preguntas que pongan a prueba la coherencia de sus explicaciones, teniendo en cuenta las pruebas experimentales observadas.

Si explican que el globo se ha hinchado haciendo aparecer más partículas que las iniciales, debemos hacerles ver que, entonces, pesaría más cuando está caliente que cuando está frío. En cambio, podemos comprobar experimentalmente que el peso no cambia antes y después de calentarlo pesándolo en una balanza. Este hecho tiene que servir para hacer notar que el número de partículas, y por tanto el número de bolas de plastilina, tiene que ser el mismo antes y después de calentar.

Como hemos comentado, al intentar construir esta explicación podría ser que las niñas y niños propusieran explicaciones alternativas, que tendremos que reconducir a partir de preguntas que pongan a prueba la coherencia de sus explicaciones, teniendo en cuenta las pruebas experimentales observadas.

Figura 18. Representación del experimento utilizando el modelo de partículas



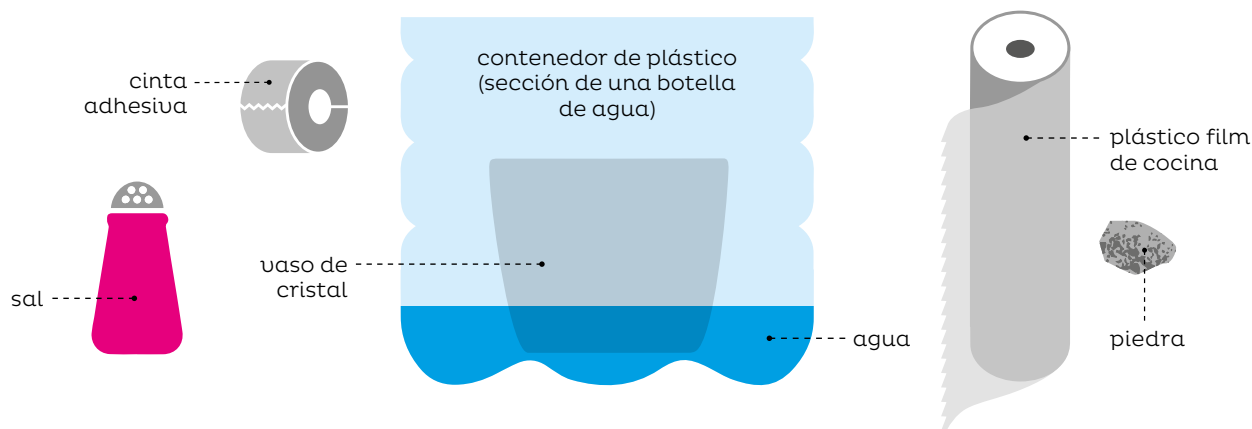
Si explican que el globo se ha hinchado haciendo aparecer más partículas que las iniciales, debemos hacerles ver que, entonces, pesaría más cuando está caliente que cuando está frío. En cambio, podemos comprobar experimentalmente que el peso no cambia antes y después de calentarlo pesándolo en una balanza. Este hecho tiene que servir para hacer notar que el número de partículas, y por tanto el número de bolas de plastilina, tiene que ser el mismo antes y después de calentar.

Si queremos representar mejor la mayor agitación de las partículas provocada por el calor, podemos hacer que los niños y niñas representen a las partículas de gas y al globo. En primer lugar, podemos construir una circunferencia con niños y niñas que simulen el perímetro del globo. Estos alumnos tendrán que estar bien cogidos de las manos. Dentro de la circunferencia situaremos a las alumnas y alumnos que harán de partículas del gas. A continuación, los alumnos que hacen de globo tienen que estar quietos en su posición, mientras simulamos la baja temperatura pidiendo a los que hacen de gas que se muevan despacio. Finalmente, simularemos la alta temperatura haciendo que los alumnos que hacen de gas se muevan rápidamente en todas direcciones.

Tendríamos que hacer notar que a una temperatura alta los alumnos-gas empujan las paredes del globo y tienden a empujar a los alumnos que simulan el globo y, por lo tanto, el globo se hincha. Si los que hacen de globo se cogen las manos desde el principio, constatarán que ahora se tienen que coger más fuerte para mantener la forma y el tamaño, lo que nos lleva a hablar de un aumento de la presión.

Experimento 11

INVENTAMOS UN DESTILADOR SOLAR



Material para un grupo de cuatro personas:

Agua, sal, una garrafa de agua de 5 litros cortada por la mitad, film de plástico transparente, un vaso de cristal, cinta adhesiva y una piedrecita.

Descripción del experimento

1. Montamos el destilador solar tal como se muestra en la figura 19: ponemos agua con sal en el fondo de la media garrafa y colocamos el vaso de cristal vacío en el centro; cubrimos la media garrafa con film transparente de manera que quede bastante tenso; con la cinta adhesiva, pegamos el film transparente al plástico de la garrafa, a fin de que quede cerrada tan herméticamente como sea posible; colocamos una piedrecita encima del film transparente, de modo que se curve justo encima del vaso que hay dentro de la garrafa.

2. Ubicamos el destilador solar en un lugar donde le toque directamente la luz del sol o encima de un calefactor.

3. Indicamos a las alumnas y alumnos las observaciones que tendrán que hacer y cómo deberán recoger los datos.

4. Al cabo de un rato, cuando el vaso que hay dentro de la garrafa contenga agua, probaremos esta agua para comprobar si es salada o no.

Ideas para trabajar

Las ideas científicas

Idea clave 4: Cada estado de la materia tiene unas propiedades que caracterizan aquel estado y lo diferencian de los otros.

Idea clave 5: La materia está hecha de partículas que están ligadas más o menos fuertemente entre ellas.

Idea clave 6: El calor hace que las partículas se agiten más intensamente y provoca su dilatación y cambio de estado.

Las ideas de los niños y niñas

Probablemente, los niños y niñas tendrán dificultades para comprender el funcionamiento del experimento en dos pasos. Primero, las disoluciones, puesto que les costará buscar una manera de representarlas. Segundo, la condensación del líquido, ya que también tendrán dificultades para entender por qué en la parte superior del destilador solar se acumulan gotitas de agua.

La explicación científica

En la experiencia que se presenta tienen lugar varios fenómenos. En primer lugar, la evaporación progresiva del agua que hemos colocado en el fondo del contenedor de plástico. La evaporación es un cambio de estado (de líquido a gas) que se produce a cualquier

temperatura, a diferencia de la ebullición, que tiene lugar a una temperatura característica de cada líquido (por ejemplo, a 100 °C en el caso del agua). ¿Qué ocurre? Como tenemos el destilador en una habitación a una temperatura más alta que el agua del contenedor, se transfiere energía en forma de calor del aire al agua. Esto provoca que las partículas de la superficie se muevan cada vez más, hasta que se separan las unas de las otras y pasan al estado gaseoso. Poco a poco, por lo tanto, el nivel de agua va disminuyendo.

Las partículas de agua que han pasado a estado gaseoso (vapor de agua) no se pueden ver, pero están en el aire de dentro del contenedor de plástico. Las que tocan el film transparente reducen su movimiento y vuelven a unirse entre ellas, pasando de gas a líquido (condensación), y es por ello por lo que, al cabo de un rato de preparar el destilador solar, podemos observar gotitas de agua en la cara inferior del film transparente. Cuando estas gotas se van haciendo mayores, resbalan por el film de plástico transparente y caen al vaso, de modo que el vaso se va llenando, poco a poco, con agua.

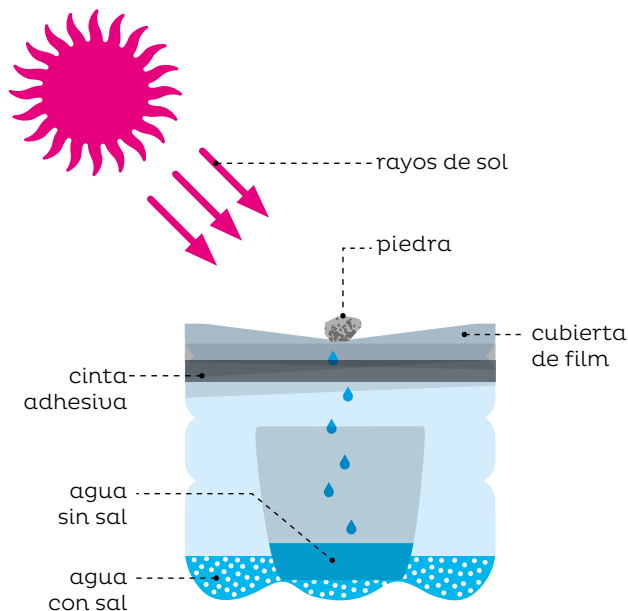
La sal que teníamos disuelta en el agua se comporta diferente. La sal no se evapora, por lo tanto, las partículas de sal no hacen el viaje que hemos explicado en relación con las partículas de agua. Una disolución de agua con sal es líquida y, a nivel de partículas, nos la podemos imaginar como partículas de sal libres dispuestas en medio de partículas de agua (figura 19). A medida que el agua se evapora, las partículas de agua “abandonan” la disolución, por lo que las partículas de sal van perdiendo los espacios donde situarse entre las partículas de agua y, poco a poco, se unen entre ellas y vuelven al estado sólido inicial. Por esto, cuando toda el agua se ha evaporado podemos observar la sal sólida en el fondo del contenedor de plástico.

Orientaciones didácticas

Orientaciones para guiar la observación

Una vez montado el destilador solar, podemos plantear a los alumnos que nos expliquen: “¿Qué te parece que pasará con la disolución de agua con sal que hay en el fondo del contenedor? ¿Y con la sal?” Sería aconsejable pedirles que dibujen y expliquen por escrito qué les parece que pasará, como si se tratara de un cómic con diferentes viñetas. Después, comentar las diferentes propuestas y destacar lo que tienen en común y lo que

Figura 19. Funcionamiento del destilador solar



las distingue. De momento, no se trata de explicar por qué pasa lo que les parece que pasará, sino de describir qué piensan que pasará.

Mientras tengamos el destilador en el aula, podemos indicar a los diferentes grupos de niños y niñas que observen lo que ocurre en el destilador y que anoten cómo va cambiando: nivel de agua que baja, presencia de gotitas de agua debajo del film transparente, presencia de agua dentro del vaso, cristalización de la sal, etcétera. Una vez hechas las observaciones pertinentes, las ponemos en común y construimos unas viñetas conjuntamente, que ahora mostrarán no lo que pensamos que pasará, sino lo que realmente ha pasado. Durante todo este proceso es interesante hacer preguntas como: “¿Qué ha sucedido con el nivel de agua del contenedor? ¿Ha cambiado? ¿Cómo ha cambiado? ¿Cuándo habéis observado que había gotitas de agua debajo del film transparente? ¿El agua que observamos dentro del vaso, de donde proviene? ¿Qué debe ser el sólido blanco que vemos en el fondo del contenedor?”.

En esta parte de la actividad nos interesa establecer los hechos, por lo que de todas las observaciones y detalles que los niños y niñas planteen, debemos seleccionar unos hechos clave, que serán los que les propondremos que expliquen posteriormente basándose en el modelo de partículas. Estos hechos son:

- el nivel del agua del contenedor disminuye.
- debajo del film transparente se forman gotas de agua, que finalmente resbalan y caen al vaso.
- la sal, otra vez sólida, queda depositada en el fondo del contenedor.

Estos son los hechos básicos que les propondremos que expliquen a partir de preguntas, como: “¿Por qué disminuye el nivel de agua del contenedor? ¿Qué explica que se formen gotas de agua debajo del film transparente? ¿Por qué cuando ya no queda agua en el contenedor puedo volver a ver la sal en estado sólido?”.

Orientaciones para guiar la explicación

Explicar los tres hechos anteriores no es fácil, y menos aun usando el modelo de partículas que las niñas y niños apenas empiezan a construir.

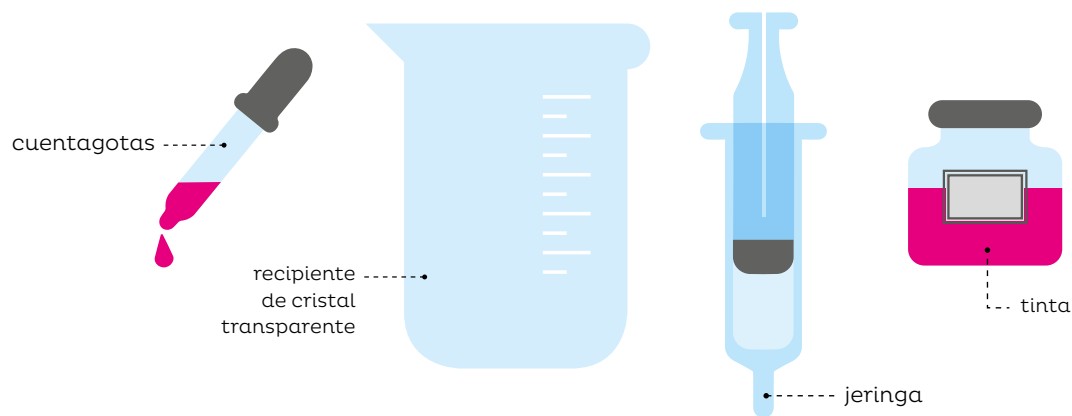
A la hora de dar explicaciones, es aconsejable que no dejemos que los niños y niñas respondan con un simple término. Por ejemplo, a la pregunta: “¿Por qué dis-

minuye el nivel de agua del contenedor?”, no nos podemos conformar con la respuesta “porque se evapora”. Es necesario que les preguntemos qué quiere decir que el agua se evapora, y es aquí donde el modelo de partículas nos puede ayudar. La maestra o maestro, o los propios niños, es posible que digan: evaporarse quiere decir que el agua pasa de líquido a gas o a vapor. Si todos estamos de acuerdo con esta definición, entonces el maestro puede sugerir a los alumnos que busquen los modelos de líquido y de gas que construyeron en el experimento de las jeringas (experimento 7), y que los pongan uno al lado del otro. Entonces, se puede hacer la reflexión siguiente: “¿Cómo es que el agua pasa de estar así [señala el dibujo que corresponde al modelo líquido] a estar así [señala el dibujo que corresponde al modelo gas]?”. En este momento hay que dejar que las niñas y niños hagan sus propuestas y, basándose en estas propuestas, ir ayudándolos. Por ejemplo, se puede comentar: “¿Cómo puede una partícula de agua desligarse del líquido para pasar a gas?” Si algunos niños y niñas hacen referencia al hecho de que se necesita energía, se puede comentar: “¿De dónde viene esta energía?” Para subrayar que es el calor que se transfiere desde el aire de la habitación al agua del contenedor, se puede hacer pensar en: “¿La habitación está más caliente o más fría que el agua que hemos cogido del grifo? ¿Puede ser que el calor sea la energía que hace mover las partículas del agua y que se conviertan en vapor?”.

Este tipo de diálogo se puede establecer para explicar los otros fenómenos que hemos señalado.

Experimento 12

EL MOVIMIENTO DE LAS PARTÍCULAS



Material para un grupo de cuatro personas:

1 jeringa, 1 cuentagotas, tinta o colorante alimentario, 8 recipientes de cristal transparente con las paredes bien lisas, agua caliente y agua fría.

Descripción del experimento

1. De los ocho recipientes, llenaremos cuatro con agua fría y los otros cuatro con agua caliente.
2. Con el cuentagotas, dejamos caer una gota de tinta en uno de los recipientes con agua caliente y hacemos lo mismo en uno que contenga agua fría.
3. Repetimos lo mismo en los diferentes recipientes y constataremos que, sobre todo en el agua caliente, la difusión del colorante sigue formas muy diferentes e irregulares, más que en el agua fría.

Ideas para trabajar

Las ideas científicas

Idea clave 5: La materia está hecha de partículas que están ligadas más o menos fuertemente entre ellas.

Idea clave 6: El calor hace que las partículas se agiten más intensamente y provoca su dilatación y cambio de estado.

Idea clave 7: Las partículas están en movimiento constante. La temperatura es la medida del cambio de movimiento entre partículas.

Las ideas de los niños y niñas

Probablemente, los niños no darán una explicación propiamente dicha y harán referencia, otra vez, a las observaciones realizadas, como por ejemplo, "la tinta

se mezcla con el agua” o “la tinta no se deshace con el agua”. Es difícil que lo hagan sin haber trabajado el modelo de partículas.

La explicación científica

Dos líquidos se mezclan debido al movimiento continuo de sus partículas. Como este movimiento es más intenso con la temperatura, si los líquidos están calientes, se mezclarán más deprisa que si están fríos.

Si el agua está caliente, sus partículas se agitan intensamente, golpeando a las partículas de tinta que caen a través de ella. Este impacto intenso y repetido de las partículas de agua sobre las de tinta hace mover las partículas de tinta, las separa las unas de las otras y las empuja en todas direcciones, lo que provoca que la tinta se difunda rápidamente por todo el volumen de agua, hasta que queda totalmente teñida.

Si el agua está fría, el bombardeo de las partículas de agua sobre las de tinta es mucho menor y estas se pueden mantener unidas durante mucho más tiempo. Sin embargo, poco a poco, la tinta se irá esparciendo (difusión) por el agua debido a los impactos de las partículas (tanto de tinta como de agua) y acabará teñiendo toda el agua. En los dos casos, el estado final será el mismo y las partículas de tinta acabarán mezcladas uniformemente con las partículas del agua.

Orientaciones didácticas

Orientaciones para guiar la observación

Es necesario que los niños y niñas observen atentamente la tinta mientras cae a través del agua; puede ser interesante que hagan un dibujo de lo que han visto en cada caso. Hacedles repetir la observación varias veces.

Observaremos que, en agua fría, el proceso que hace la tinta es siempre bastante similar: cae hacia el fondo y se mantiene más o menos unida, sin teñir el agua de los alrededores; se diferencia bien la tinta del agua. El proceso de difusión de la tinta es lento, pero, poco a poco, la tinta empieza a teñir el agua de los alrededores, y si se espera bastante rato, toda el agua acabará coloreada.

En cambio, la tinta que cae en el agua caliente sigue un proceso diferente y ya desde un principio no vemos una clara separación entre la tinta y el agua, porque, desde el primer momento, se empieza a difundir por el

agua, se mezcla y el agua adquiere muy rápidamente la tonalidad del colorante. Como ha ocurrido antes, si se espera bastante rato, toda el agua acabará coloreada.

Orientaciones para guiar la explicación

Este experimento nos debe servir para trabajar la idea de que las partículas siempre se mueven. Si el modelo de líquido que hemos trabajado (por ejemplo, en el experimento 7 y 9) estuviera estático, difícilmente podríamos explicar qué ocurre con la tinta y con el agua cuando se mezclan.

Una forma de trabajarlo es a través de una representación corporal. Podemos pedir a los niños y niñas de la clase que la mitad representen las partículas de agua, que podemos vestir con un chaleco de un color, y la otra mitad representen las partículas de tinta, que podemos vestir con un chaleco de otro color. La única manera que tienen para explicar la mezcla de las dos cosas es que las partículas de las dos sustancias se empiecen a mover. Si los niños y niñas no se empiezan a mover, los dos colores no se podrían mezclar. A continuación, podemos preguntar qué efecto debe tener la temperatura elevada del agua. De este modo, tendrán que moverse más rápido para ayudar a entender que el agua y la tinta se mezclen más deprisa.

Referencias:

Acher, A.; Arcà, M.; Sanmartí, N. (2004) Modeling as a teaching learning process for understanding materials: a case study in primary science education. *Science Education*, 91, 398-418.

Chalmers, A. F. (1992). *La ciencia y cómo se elabora*. Madrid: España editores

Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Huelva (Andalucía).

Duschl, R. A. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias*. Madrid: Molino.

Jiménez-Aleixandre, M. P. (2000). Modelos didácticos, en Perales, F. J. y Cañal, P. (eds). *Didáctica de las ciencias experimentales*, p. 45-60.

Izquierdo, M.; Grupo Kimeia (2011) *Química a infantil i primària. Una nova mirada*. Barcelona: Graó.

Martí, J. (2012) *Aprender ciències a l'educació primària*. Barcelona: Graó.

NRC (2007) *Taking science to school: learning and teaching science in grades K-8*. Washington DC: National Academies Press.

Ogborn, J.; Kress, G.; Martins, I.; McGillicuddy, K. (1998). *Formas de explicar: La enseñanza de las ciencias en secundaria*. Madrid. Santillana.

Smith, C.L.; Wiser, M. (2008) Learning and teaching about matter in elementary grades: what conceptual changes are needed. In Vosniadou, S. (ed.) *International handbook of research in conceptual change*. London: Routledge.

Bibliografía recomendada

Feynman, R. (2006). *Seis piezas fáciles. La física explicada por un genio*. Barcelona: Crítica.

The inquiry project [página en internet]. Washington DC. Disponible en:

<http://inquiryproject.terc.edu/>

Índice

3	Presentación
4	Introducción
5	1. Aprender a investigar, investigar para comprender
9	2. Entender la materia desde el punto de vista del modelo de partículas
15	3. Ideas de los niños y niñas sobre la estructura de la materia
19	4. Investigar la estructura de la materia con los niños y niñas de primaria
20	De la teoría a la práctica
22	Experimento 1. El peso del aire
24	Experimento 2. Un globo extraño
26	Experimento 3. El globo en el tarro de vacío
28	Experimento 4. Antes de entrar dejad salir
30	Experimento 5. El peso de los cubitos cuando se deshacen
33	Experimento 6. Observamos sólidos, líquidos y gases
35	Experimento 7. Las jeringas
39	Experimento 8. Dilatación de los sólidos
42	Experimento 9. Dilatación de los líquidos
44	Experimento 10. Dilatación de los gases
47	Experimento 11. Inventamos un destilador solar
50	Experimento 12. El movimiento de las partículas

Créditos:

Edita:

Ayuntamiento de Barcelona

Instituto Municipal de Educación de Barcelona

Consejo de Ediciones y Publicaciones del Ayuntamiento de Barcelona:

Gerardo Pisarello Prados, Josep M. Montaner Martorell, Laura Pérez Castallo, Jordi Campillo Gámez, Joan Llinares Gómez, Marc Andreu Acebal, Águeda Bañón Pérez, José Pérez Freijo, Pilar Roca Viola, Maria Truñó i Salvadó, Anna Giralt Brunet

Texto:

Arnau Amat, Jordi Martí y Víctor Grau, miembros del grupo de investigación CoDi (Coneixement i Didáctica) de la Universidad de Vic-Universidad Central de Cataluña

Coordinación:

Dirección de Promoción Educativa del Instituto Municipal de Educación de Barcelona

Colaboración:

Marcel Costa y Jordi Mazón

Agradecimientos:

A Xus de Miguel Vallejo, maestra y técnica del CRP de Sants-Montjuïc por hacer una lectura crítica. A los docentes que han participado en Pequeños talentos científicos durante el curso 2015-16 con su alumnado. Sus preguntas, sus proyectos y sus presentaciones nos han ayudado a escribir este libro.

Diseño gráfico, maquetación e ilustraciones:

Jordi Salvany

Impresión:

Jeba SL

Barcelona, septiembre de 2016

© de la edición: Ayuntamiento de Barcelona

© de los textos y las imágenes: los autores mencionados

ISBN: 978-84-9850-915-1

DL: B-20705-2016

Impreso en papel ecológico

Instituto Municipal de Educación de Barcelona

Plaza de Espanya, 5. 08014 Barcelona

Tel. 934 023 663

imebatencio@bcn.cat

barcelona.cat/educacio



**Ajuntament
de Barcelona**